



**TUGAS AKHIR - RE 141581**

**PERENCANAAN PENYEDIAAN PENGOLAHAN AIR  
LIMBAH KOMUNAL BERBASIS MASYARAKAT  
(STUDI KASUS: KELURAHAN NGAGEL REJO  
KOTA SURABAYA)**

**AINUL FIRDATUN NISAA'**  
**3311100040**

**DOSEN PEMBIMBING**  
**Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., MSc., PhD.**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**



**FINAL PROJECT - RE 141581**

**PLANNING OF COMMUNITY BASED WASTE  
WATER TREATMENT PROVISION (STUDY CASE:  
KELURAHAN NGAGEL REJO, SURABAYA)**

**AINUL FIRDATUN NISAA'**  
**3311100040**

**ADVISOR**  
**Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., MSc., PhD.**

**DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING**  
**Faculty of Civil Engineering and Planning**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2015**

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penyusun panjatkan kepada Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat dan nikmat-Nya, laporan tugas akhir yang berjudul “Perencanaan Penyediaan Pengolahan Air Limbah Komunal Berbasis Masyarakat (Studi Kasus: Kelurahan Ngagel Rejo Kota Surabaya)” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Selama proses penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis telah mendapat banyak bantuan, saran dan motivasi. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., MSc., PhD. selaku dosen pembimbing tugas akhir sekaligus Ketua Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, atas bimbingannya dalam tugas akhir ini
2. Dr. Ali Masduqi, ST., MT., Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., PhD., dan Dr. Ir. Ellina Pandebesie, MT., selaku dosen penguji tugas akhir, atas saran-sarannya dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini
3. Arseto Yekti Bagastyo, ST., MT., MPhil., PhD., selaku dosen koordinator tugas akhir, atas bantuannya dalam kegiatan tugas akhir dan saran-saran yang telah diberikan
4. Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc., selaku dosen wali, dan dosen-dosen lain, atas dorongan semangat, waktu diskusi dan saran yang telah diberikan
5. Bapak Sukamto selaku ketua RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo dan warga setempat, atas keramahan dan bantuan dalam pengambilan data di lokasi perencanaan
6. Bapak Ganes dan Ibu Dina Cipta Karya, Ibu Sulastri Puskesmas Ngagel Rejo, serta staf BLH Kota Surabaya, atas bantuannya dalam pengumpulan data untuk keperluan tugas akhir
7. Orang tua dan adik serta keluarga besar yang selalu memberikan doa dan motivasi dalam setiap pengerjaan tugas akhir ini

8. Afrizal, Koni, Bima, Farid, Tika, Adel, Budi, Lukman, Iman, Fara, Izhar, Ella, Haque, atas kesediannya dalam membantu dalam pengambilan data untuk keperluan tugas akhir
9. Teman-teman 2011, terutama bagi yang mengambil tugas akhir di semester tujuh, yang selalu memberikan bantuan dan motivasi dalam berbagai kondisi

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan laporan tugas akhir masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan. Oleh karena itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan kedepannya. Semoga laporan tugas akhir ini dapat membawa manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2015  
Hormat saya,

Ainul Firdatun Nisaa' (3311100040)

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **PERENCANAAN PENYEDIAAN PENGOLAHAN AIR LIMBAH KOMUNAL BERBASIS MASYARAKAT (STUDI KASUS: KELURAHAN NGAGEL REJO KOTA SURABAYA)**

#### **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana

Pada

Pada Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**AINUL FIRDATUN NISAA'**  
**NRP 3311 100 040**

**Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:**



**Ir. Eddy Setiadi Sodjono, Dipl.SE., MSc., PhD.**  
**NIP. 19600308 198903 1 001**



## ABSTRAK

### **Perencanaan Penyediaan Pengolahan Air Limbah Komunal Berbasis Masyarakat (Studi Kasus: Kelurahan Ngagel Rejo Kota Surabaya)**

Nama Mahasiswa : Ainul Firdatun Nisaa'  
NRP : 3311100040  
Jurusan : Teknik Lingkungan  
Dosen Pembimbing : Ir. Eddy S. Soedjono, Dipl.SE., MSc., PhD.

Air bersih dan sanitasi merupakan sasaran *Millenium Development Goals* (MDGs) yang ketujuh dan pada tahun 2015 diharapkan mencapai pengurangan setengah jumlah penduduk tanpa akses air bersih yang layak minum dan sanitasi dasar. Pada tahun 2030, melalui *Sustainable Development Goals* (SDGs) dunia mencanangkan akses sanitasi yang layak secara keseluruhan. Statistik menunjukkan masih banyak rumah tangga yang belum memiliki jamban sehat. Warga mengalirkan *grey water* dan *black water* langsung menuju sungai yang lokasinya berada beberapa meter dari depan rumah. Salah satunya berada di kawasan Kelurahan Ngagel Rejo, Kecamatan Wonokromo, yang terletak di sepanjang Kali Sumo, Surabaya. Melalui program Sanitasi Berbasis Masyarakat (SANIMAS), warga RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo akan mengelola teknologi *Anaerobic Baffled Reactor* (ABR) sebagai Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal. Peletakan lokasi (IPAL) ditentukan melalui tiga alternatif jaringan perpipaan dengan membandingkan kemudahan akses jalan, aspek sosial dan finansial. Alternatif lokasi IPAL yang dipilih yaitu di bekas balai RT. Estimasi biaya untuk pembangunan IPAL dan SPAL sebesar Rp 345,000,000. Sedangkan untuk kegiatan Operasi dan Pemeliharaan (O&P) setiap KK perlu mengeluarkan biaya sebesar Rp 5,000 setiap minggunya.

**Kata kunci:** ABR, jamban sehat, kesehatan, sanitasi, tangki septik

## **ABSTRACT**

### ***Planning of Community Based Waste Water Treatment Provision (Study Case: Kelurahan Ngagel Rejo, Surabaya)***

Name of Student : Ainul Firdatun Nisaa'  
NRP : 3311100040  
Department : Environmental Engineering  
Advisor : Ir. Eddy S. Soedjono, Dipl.SE., MSc., PhD.

Water and sanitation are the 7<sup>th</sup> targets of Millenium Development Goals (MDGs) and in the year 2015 to be expected halving people without access of appropriate water and basic sanitation. In 2030, through Sustainable Development Goals (SDGs), the world has declared an appropriate access of sanitation for all. Statistic shows that there are still many households that have not had an appropriate toilet. They draw black water and grey water off to the river located in front of house. One of the study case is a community living in Kelurahan Ngagel Rejo, Kecamatan Wonokromo, which is located along Kali Sumo, Surabaya. Through a program called Community Based Sanitation (SANIMAS), inhabitants will manage Anaerobic Baffled Reactor (ABR) as communal Waste Water Treatment Plant (IPAL). The location of the IPAL is specified by three alternatives communal sewerage by comparing ease of road access, social and financial aspect. The chosen alternative location of IPAL is an used Balai RT. Estimated cost to build communal sewerage is around Rp 345,000,000. Beside, every household should pays operation and maintenance fee for about Rp 5,000 each week.

**Keyword:** *ABR, toilet, healthy, sanitation, septic tank*

## DAFTAR ISI

ABSTRAK .....	i
<i>ABSTRACT</i> .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang .....	1
1.2    Perumusan Masalah .....	3
1.3    Tujuan Perencanaan .....	3
1.4    Manfaat Perencanaan .....	3
1.5    Ruang Lingkup .....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Sanitasi .....	5
2.1.1    Pengertian sanitasi .....	5
2.1.2    Kondisi sanitasi di Indonesia .....	6
2.1.3    Kondisi sanitasi di Surabaya .....	7
2.1.4    Sanitasi oleh masyarakat (SANIMAS) .....	8
2.2    Teknologi Sanitasi .....	10
2.2.1    Pengumpulan dan pengolahan air buangan .....	10
2.2.2    Pengolahan air limbah secara anaerobik .....	11
2.2.3    Alternatif pengolahan .....	12



2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik.....	14
2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik .....	16
2.4 <i>Sampling</i> atau Pengambilan Contoh .....	18
2.5 Metode Pengambilan Contoh Air Limbah.....	19
2.6 Sistem Penyaluran Air Limbah .....	20
2.6.1 Debit air limbah.....	20
2.6.2 Sistem perpipaan.....	25
2.6.3 Bahan perpipaan .....	26
BAB 3 GAMBARAN UMUM DAERAH PERENCANAAN .....	27
3.1 Gambaran Umum Kelurahan Ngagel Rejo.....	27
3.2 Kondisi Sanitasi di Daerah Perencanaan .....	29
BAB 4 METODE PERENCANAAN.....	33
4.1 Ide Studi.....	33
4.2 Kerangka Perencanaan .....	33
4.3 Tahapan Perencanaan .....	35
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....	39
5.1 Analisis Hasil Survei .....	39
5.1.1 Kuisisioner .....	39
5.1.2 Wawancara .....	44
5.2 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah.....	47
5.2.1 Proyeksi penduduk .....	47
5.2.2 Perhitungan debit air limbah.....	47
5.2.3 Pembebanan pipa.....	49
5.2.4 Perhitungan diameter pipa .....	63
5.2.5 Penanaman pipa.....	91

5.2.6	Perencanaan bangunan pelengkap .....	101
5.2.7	Pemilihan jaringan SPAL.....	102
5.2.8	Profil hidrolis .....	103
5.3	Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Limbah .....	104
5.3.1	Karakteristik air limbah .....	104
5.3.2	Perhitungan <i>mass balance</i> .....	104
5.3.3	Perhitungan bak pengumpul.....	106
5.3.4	Perhitungan <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> .....	106
BAB 6 <i>BILL OF QUANTITY</i> ( BOQ) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB) .....		111
6.1	BOQ .....	111
6.1.1	BOQ Perpipaan .....	111
6.1.2	BOQ Penanaman pipa .....	113
6.1.3	BOQ Bangunan pelengkap .....	119
6.1.4	BOQ Tenaga kerja.....	120
6.2	RAB .....	126
6.2.1	RAB SPAL .....	126
6.2.2	RAB IPAL .....	126
BAB 7 OPERASI DAN PEMELIHARAAN SARANA SANITASI OLEH MASYARAKAT .....		133
7.1	Aspek Operasi dan Pemeliharaan.....	133
7.2	Tata Cara Pengoperasian .....	134
BAB 8 KESIMPULAN DAN SARAN .....		137
8.1	Kesimpulan .....	137
8.2	Saran .....	137

DAFTAR PUSTAKA.....139

LAMPIRAN.....143

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Grafik Faktor Puncak Untuk Aliran Air Limbah.....	22
Gambar 2. 2	Grafik Infiltrasi Menurut Metcalf & Eddy (1981) ...	24
Gambar 3. 1	Daerah Perencanaan Dilihat dari Kecamatan Wonokromo .....	27
Gambar 3. 2	Sketsa Daerah Perencanaan .....	28
Gambar 3. 3	Saluran Penyaluran Air Buangan dari Kamar Mandi dan Cuci Dapur.....	29
Gambar 3. 4	Diskusi Awal dengan Warga RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo .....	30
Gambar 3. 5	Lahan yang Akan Dimanfaatkan Sebagai Lokasi Pembangunan IPAL .....	30
Gambar 4. 1	Diagram alir metodologi perencanaan .....	35
Gambar 5. 1	Grafik Komposisi Pekerjaan Kepala Keluarga Warga RT 11 RW 7 .....	40
Gambar 5. 2	Grafik Komposisi Pendapatan Kepala Keluarga Warga RT 11 RW 7 .....	40
Gambar 5. 3	Sumber Air Bersih Warga RT 11 RW 7.....	41
Gambar 5. 4	Kepemilikan WC/kakus Rumah Tangga .....	42
Gambar 5. 5	Kepemilikan Tangki Septik Rumah Tangga .....	42
Gambar 5. 6	Jenis Penyakit Terkait dengan Sanitasi Buruk di Puskesmas Ngagel Rejo .....	43
Gambar 5. 7	Kemauan Warga Setempat Terhadap Adanya IPAL Komunal .....	44
Gambar 5. 8	Karakteristik Teknologi yang Paling Cocok.....	46
Gambar 5. 9	Grafik Elemen Hidraulik.....	64
Gambar 5. 10	Ilustri Ketinggian Air dalam Pipa saat Vmin dan Vmin yang Dipersyaratkan .....	66
Gambar 5. 11	Tipikal Perangkap Lemak.....	101
Gambar 5. 12	Faktor penyisihan BOD yang dipengaruhi oleh overloading organik reaktor bafel .....	108
Gambar 5. 13	Penyisihan BOD dalam reaktor bafel sehubungan dengan konsentrasi air limbah .....	109

Gambar 5. 14 Penyisihan COD sehubungan dengan temperatur pada reaktor anaerob .....	109
Gambar 5. 15 Penyisihan COD sehubungan dengan HRT pada reaktor bafel .....	110
Gambar 6. 1 Galian Pipa Penyaluran Air Limbah .....	114
Gambar 6. 2 Bentuk Galian Pipa Pada Saluran .....	119
Gambar 7. 1 Bagan Organisasi KPP .....	134

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Keuntungan <i>Anaerobic Baffled Reactor</i> .....	12
Tabel 2. 2	Karakteristik Air Limbah Domestik Kawasan Permukiman di Surabaya.....	16
Tabel 2. 3	Baku Mutu Air Limbah Domestik Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003 .....	16
Tabel 2. 4	Baku Mutu Air Limbah Domestik Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013 .....	17
Tabel 2. 5	Besarnya faktor puncak dari beberapa literatur .....	21
Tabel 2. 6	Besarnya Faktor Hari Maksimum Dari Beberapa Literatur .....	22
Tabel 2. 7	Besarnya Faktor Hari Minimum dari Beberapa Literatur .....	23
Tabel 2. 8	Besarnya Faktor Infiltrasi Dari Beberapa Literatur..	24
Tabel 5. 1	Profil Umur Responden.....	39
Tabel 5. 2	Debit air limbah domestik hasil perhitungan .....	48
Tabel 5. 3	Pembebanan Pipa Saluran Air Limbah Alternatif I ..	51
Tabel 5. 4	Pembebanan Pipa Saluran Air Limbah Alternatif II ..	55
Tabel 5. 5	Pembebanan Pipa Saluran Air Limbah Alternatif III ..	59
Tabel 5. 6	Dimensi Pipa Servis Alternatif I.....	67
Tabel 5. 7	Dimensi Pipa Servis Alternatif II.....	74
Tabel 5. 8	Dimensi Pipa Servis Alternatif III.....	82
Tabel 5. 9	Penanaman Pipa Air Buangan Alternatif I .....	93
Tabel 5. 10	Penanaman Pipa Air Buangan Alternatif II .....	95
Tabel 5. 11	Penanaman Pipa Air Buangan Alternatif III .....	97
Tabel 5. 12	Ringkasan Kelebihan dan Kekurangan Pemilihan Alternatif Jaringan SPAL.....	102
Tabel 5. 13	Kualitas Air Limbah Rumah Tangga Campuran <i>Black Water</i> dan <i>Grey Water</i> .....	104
Tabel 6. 1	Kebutuhan Pipa untuk Jaringan Perpipaan .....	111
Tabel 6. 2	Jumlah Sambungan Pipa yang Diperlukan.....	113
Tabel 6. 3	BOQ Penanaman Pipa .....	115

Tabel 6. 4	BOQ dan Jumlah Bak Kontrol yang Diperlukan.....	119
Tabel 6. 5	Indeks Satuan Pekerjaan Jaringan Perpipaan.....	125
Tabel 6. 6	BOQ Tenaga Kerja dan Peralatan yang Diperlukan .....	121
Tabel 6. 7	RAB Penggalian dan Penanaman Pipa .....	127
Tabel 6. 8	RAB Pembuatan Bak Kontrol.....	128
Tabel 6. 9	RAB IPAL .....	128
Tabel 6. 10	RAB Bak Pengumpul .....	130

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Statistik lingkungan hidup Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya (2011) menunjukkan, masih terdapat 12,12% jamban tidak sehat milik rumah tangga yang tersebar di seluruh kecamatan di Surabaya. Kategori jamban tidak sehat bisa dalam arti WC/kakus rumah tangga yang belum dilengkapi dengan tangki septik untuk digunakan sebagai tampungan lumpur tinja. Jumlah rumah tangga di Kota Surabaya yang belum memiliki tangki septik adalah 9129 (BLH, 2012). Rata-rata sepertiga dari populasi di Surabaya menggunakan fasilitas untuk membuang air limbah langsung menuju saluran air drainase (Winters *et al.*, 2014). Salah satu contohnya adalah masyarakat RT 11 RW 7 yang tinggal di bantaran Kali Sumo Kelurahan Ngagel Rejo, Surabaya. Sebanyak 47 KK yang tinggal di daerah tersebut hanya 4 KK yang sudah memiliki tangki septik. Sisanya, warga mengalirkan *black water* dan *grey water* langsung menuju saluran Kali Sumo tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Kondisi ini tentu saja mempengaruhi kualitas badan sungai, bantaran dan daerah tangkapan air sepanjang daerah aliran sungai (DAS) (Zafirah, 2012).

Berdasarkan observasi awal pada masyarakat daerah perencanaan, kepemilikan jamban sehat ternyata sangat berkaitan dengan kondisi ekonomi masyarakat setempat. Beberapa warga RT 11 RW 7 merasa keberatan untuk mengeluarkan biaya untuk membangun tangki septik dan mengharapkan bantuan dari pemerintah dan swasta untuk pembangunan tersebut. Di sisi lain, sebagian masyarakat sudah sepakat untuk menabung sebesar Rp 25.000,00 setiap minggunya guna dimanfaatkan untuk pembangunan tangki septik. Niat masyarakat yang mau menabung setiap minggunya menjadi modal untuk merealisasikan pembangunan pengolahan air limbah setempat. Namun, rencana pembangunan tangki septik ternyata juga terhalang masalah keterbatasan lahan. Pengolahan air limbah sistem setempat skala komunal bisa menjadi alternatif masalah keterbatasan lahan. Selain menurunkan biaya pembangunan serta operasi dan perbaikan, sistem pengolahan



jenis ini mampu menarik partisipasi masyarakat untuk berperan dalam kegiatan pengelolaan fasilitas pengolahan air buangan. Menurut van Dijk *et al.* (2014), salah satu sumber pembiayaan pengadaan fasilitas sanitasi serta *Operation and Maintenance* (OM) adalah dari investasi pribadi rumah tangga. Persediaan fasilitas sanitasi dan kesehatan yang layak mampu melengkapi satu sama lain dalam memperbaiki kesejahteraan masyarakat yang tinggal di area kumuh.

Air bersih dan sanitasi merupakan sasaran *Millenium Development Goals* (MDGs) yang ketujuh dan pada tahun 2015 diharapkan mencapai setengah jumlah penduduk tanpa akses air bersih yang layak minum dan sanitasi dasar dapat berkurang (UNICEF Indonesia, 2012). Pencapaian akses sanitasi yang layak bagi penduduk di perkotaan telah mencapai 72.54% pada tahun 2011 dan diharapkan memenuhi target MDGs (76.82%) pada tahun 2015 (BAPPENAS, 2012). Pada tahun 2030, salah satu poin *Sustainable Development Goals* (SDGs) adalah tercapainya akses sanitasi dan kebersihan yang memadai dan merata untuk semua, serta mengakhiri buang air besar sembarangan (United Nations Open Working Group, 2014). Salah satu program yang digalakkan pemerintah daerah saat ini untuk meningkatkan kelayakan sanitasi adalah melalui program Sanitasi Berbasis Masyarakat (SANIMAS). Sanitasi dasar salah satunya mencakup upaya pembuangan kotoran manusia (Zafirah, 2012).

Pengaliran air limbah ke saluran terbuka, seperti ke saluran drainase, memberikan kemungkinan peningkatan tempat perindukan dari *Culex pipiens* dan nyamuk lainnya (Kusnoputranto, 1997). Hal ini tentu saja berpotensi menjadi sumber penyebaran penyakit. Penyakit seperti kolera, disentri, diare, dan malaria terjadi di area kumuh sebagai akibat sanitasi yang buruk dan keberadaan area perkembangbiakan lalat dan nyamuk (MakSumović & Tejada-Guibert, 2001). Pada tugas akhir ini akan direncanakan teknologi sanitasi yang tepat untuk diaplikasikan di RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo, Surabaya. Selain itu akan dilakukan pengkajian terhadap aspek pembiayaan, sosial dan kesehatan sebagai akibat dari penyediaan fasilitas sanitasi guna menciptakan lingkungan hidup yang sehat dan berkualitas.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam tugas akhir ini adalah:

1. Sebanyak 43 KK dari 47 KK warga RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo masih belum memiliki tangki septik, salah satunya karena terkendala biaya.
2. *Black water* dan *grey water* dari masing-masing rumah dialirkan melalui pipa dan dibuang langsung ke Kali Jagir tanpa ada pengolahan.
3. Strategi pembiayaan *Operation and Maintenance* (OM) yang tepat diaplikasikan sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan masyarakat setempat.

## **1.3 Tujuan Perencanaan**

Berdasarkan rumusan masalah, tujuan perencanaan ini adalah:

1. Mengkaji faktor-faktor yang menyebabkan sebagian besar masyarakat RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo masih belum memiliki tangki septik.
2. Merencanakan Sistem Penyaluran Air Limbah (SPAL) dan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal untuk melayani air buangan yang dihasilkan warga setempat.
3. Menetapkan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) untuk memperkirakan biaya pembangunan SPAL dan IPAL dan menghitung biaya OM serta strategi pembiayaannya.

## **1.4 Manfaat Perencanaan**

Manfaat yang diambil dalam penyusunan tugas akhir ini adalah:

1. Memberikan solusi yang dapat dipergunakan warga RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo mengenai perencanaan SPAL dan IPAL yang sesuai dengan kondisi setempat.
2. Memberikan masukan kepada masyarakat, *stakeholder* dan instansi terkait mengenai teknologi sanitasi yang tepat dan rencana pembiayaan untuk direalisasikan guna menuju kelurahan bebas buang air besar sembarangan.

### **1.5 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup yang digunakan dalam perencanaan tugas akhir ini adalah:

1. Area perencanaan adalah permukiman penduduk di kawasan RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo Kota Surabaya.
2. Aspek yang dikaji adalah aspek teknis, sosial, dan finansial.
3. Data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder yang diambil dari instansi terkait dengan sanitasi.
4. Perencanaan teknologi sanitasi disesuaikan dengan kondisi ekonomi dan kebutuhan masyarakat setempat dengan mengacu pada peraturan/kebijakan pemerintah, buku dan jurnal.
5. Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB) untuk memperkirakan biaya pembangunan SPAL dan IPAL yang akan diterapkan di wilayah perencanaan dan biaya OM serta strategi pembiayaannya.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sanitasi**

Target *Millenium Development Goals* (MDGs) dari United Nations poin 7c adalah mengurangi setengah populasi tanpa akses sanitasi dasar. Pada tahun 2013, capaian penyediaan akses sanitasi yang layak secara global hanya mencapai 64% dan harus ditingkatkan menuju 75% untuk memenuhi target (United Nations, 2013). Pencapaian akses sanitasi yang layak bagi penduduk di perkotaan di Indonesia telah mencapai 72.54% pada tahun 2011 dan diharapkan memenuhi target MDGs (76.82%) pada tahun 2015 (BAPPENAS, 2012). Pada tahun 2030, salah satu poin *Sustainable Development Goals* (SDGs) adalah tercapainya akses sanitasi dan kebersihan yang memadai dan merata untuk semua, serta mengakhiri buang air besar sembarangan (United Nations Open Working Group, 2014). Sanitasi dasar adalah sanitasi minimum yang diperlukan untuk menyediakan lingkungan sehat yang memenuhi syarat kesehatan yang menitikberatkan pada pengawasan berbagai faktor lingkungan yang mempengaruhi derajat kesehatan manusia (Azwar dalam Zafirah, 2012)

##### **2.1.1 Pengertian sanitasi**

WHO mendefinisikan sanitasi merupakan penyediaan fasilitas dan pelayanan untuk pembuangan urine manusia dan feses yang aman. Kata sanitasi juga merujuk pada perbaikan kondisi higienis melalui pelayanan seperti pengumpulan sampah dan pembuangan air limbah. Sanitasi adalah bagian dari ilmu kesehatan lingkungan yang meliputi cara dan usaha individu atau masyarakat untuk mengontrol dan mengendalikan lingkungan hidup eksternal yang berbahaya bagi kesehatan serta yang dapat mengancam kelangsungan hidup manusia (Chandra dalam Zafirah, 2012). Sedangkan menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), sanitasi adalah usaha untuk membina dan menciptakan suatu keadaan yg baik di bidang kesehatan, terutama kesehatan masyarakat.

### **2.1.2 Kondisi sanitasi di Indonesia**

Situasi masyarakat miskin perkotaan perlu mendapatkan perhatian segera. Di daerah-daerah kumuh perkotaan, sanitasi yang tidak memadai, praktik kebersihan yang buruk, kepadatan penduduk yang berlebihan, serta air yang terkontaminasi secara sekaligus dapat menciptakan kondisi yang tidak sehat. Penyakit-penyakit terkait dengan ini meliputi disentri, kolera dan penyakit diare lainnya, tipus, hepatitis, leptospirosis, malaria, demam berdarah, kudis, penyakit pernapasan kronis, dan infeksi parasit usus. Selain itu, keluarga miskin yang kurang berpendidikan cenderung melakukan praktik-praktik kebersihan yang buruk, yang berkontribusi terhadap penyebaran penyakit dan peningkatan resiko kematian anak (UNICEF Indonesia, 2012). Investasi sanitasi terlihat sebagai investasi besar yang dihindari dan perhatian lebih difokuskan pada proyek penyediaan air bersih (Moe & Rheingans, 2006). Sistem sanitasi yang berkelanjutan seharusnya layak secara teknis, dapat diterima oleh pengguna, terjangkau, dan berkontribusi terhadap perbaikan kesehatan dan perlindungan terhadap lingkungan (Katukiza *et al.*, 2012).

Indonesia merupakan salah satu negara yang belum terlihat perbaikan yang signifikan dalam hal sanitasi. Setelah India, Indonesia menjadi negara kedua dengan buang air besar sembarangan yang tinggi (WHO/UNICEF, 2010). Dalam sejarah, masyarakat Indonesia selama ini bergantung pada kekayaan negara terhadap saluran drainase alami untuk menghilangkan berbagai limbah rumah tangga (Zafirah, 2012). Selain inisiatif yang diambil pemerintah pusat dan rekan pembangunan internasional untuk memperbaiki infrastruktur sanitasi di Indonesia, ada progres kecil pada area perkotaan di Indonesia sebagai hasil dari “*big bang*” desentralisasi Indonesia sejak tahun 2001 (Hofman & Kaiser dalam Winters *et al.*, 2014). Inisiatif program SANIMAS adalah untuk memperbaiki kondisi sanitasi khususnya pada masyarakat dengan pendapatan rendah di area perkotaan dan mengubah pola pikir bahwa sanitasi merupakan masalah penting tiap individu serta tidak bergantung pada teknologi tingkat tinggi dan sistem penyaluran konvensional yang mahal. Program ini memerlukan peran aktif masyarakat mulai dari periode desain hingga implementasi, pengoperasian dan perbaikan (Wibowo & Legowo, 2010).

### 2.1.3 Kondisi sanitasi di Surabaya

Kota Surabaya merupakan ibukota Provinsi Jawa Timur dan merupakan kota terbesar kedua di Indonesia dengan jumlah penduduk sebanyak 2.599.796 jiwa (Sensus Penduduk 2010) dan luas wilayah 326,81 km<sup>2</sup> (Surabaya dalam Angka 2014). Surabaya telah lama menjadi pelabuhan penting dan pusat komersial. Kondisi ini ternyata tidak sejalan dengan perkembangan sanitasi perkotaan yang ada. Surabaya saat ini belum mempunyai sistem pengolahan air limbah *off-site*. Air limbah dan lumpur tinja yang terakumulasi disistem *on-site* rumah tangga, resapannya seringkali mencemari air tanah. Hanya dalam jumlah sedikit yang dikumpulkan dan disalurkan ke Instalasi Pengolahan Lumpur Tinja (IPLT) Keputih oleh sektor swasta – truk yang berlisensi dari pemerintah (Winters *et al.*, 2014).

Menurut BLH (2008), salah satu tujuan teknis sanitasi adalah penjagaan kualitas perairan dari pencemaran air limbah domestik. Kondisi umum sanitasi berdasarkan batas perairan dapat ditinjau atas:

1. Area pengaruh sanitasi, yaitu batasan permukiman sepanjang sungai yang sistem sanitasinya berpotensi memengaruhi kualitas air sungai. Untuk area permukiman sepanjang sungai yang mempunyai topografi datar (kemiringan  $\leq 1\%$ ): area pengaruh sanitasi pada sungai umumnya menjangkau bentang jarak sekitar 200 – 500 m dari bantaran sungai. Batasan ini terdapat pada permukiman sepanjang Kali Surabaya.
2. Tingkat dampak sanitasi setempat pada perairan. Sanitasi setempat permukiman sepanjang perairan Kali Surabaya, Kali Wonorejo dan Kali Mas.

Limbah domestik berasal dari berbagai aktifitas rumah tangga yang berupa tinja dan buangan cair lainnya, seperti air bekas cucian, harus dilakukan penanganan dengan tersedianya fasilitas sanitasi. Berdasarkan jenis air limbahnya, terdapat beberapa fasilitas sanitasi yang digunakan penduduk Kota Surabaya.

- a. Jamban Keluarga (Jaga)

Fasilitas ini biasanya dimiliki secara pribadi, terdiri dari pelat jongkok dan leher angsa yang dilengkapi dengan saluran pembuangan berupa cubluk atau tangki septik.

- b. Mandi Cuci Kakus (MCK)  
 Fasilitas ini merupakan fasilitas yang digunakan bersama yang terdiri dari kamar mandi dan kakus. Pada umumnya pemeliharaan MCK tersebut kurang diperhatikan.
- c. Mandi Kakus (MK)  
 Fasilitas ini merupakan fasilitas umum yang terdiri dari kamar mandi dan kakus. Pada umumnya terdapat di tempat-tempat umum seperti terminal, stasiun kereta api, sekolah, dan lain-lain.
- d. Tanpa Fasilitas  
 Sebagian penduduk Kota Surabaya yang belum mempunyai fasilitas sanitasi memanfaatkan sungai atau saluran-saluran drainase sebagai tempat pembuangan air limbahnya.

Seluruh wilayah permukiman Kota Surabaya melakukan pengolahan air limbahnya dengan sistem setempat (*on-site*), yaitu pengolahan air limbah dari suatu unit rumah dengan sistem cubluk atau tangki septik yang ditempatkan pada kaveling rumah itu sendiri dan air limbah bekas (dapur, cuci, mandi) dibuang ke saluran pembuangan air limbah untuk kemudian dialirkan ke saluran air hujan atau lubang resapan jika saluran air hujan tidak ada. Jenis fasilitas pembuangan limbah domestik yang ada di Kota Surabaya adalah berdasarkan konstruksi bangunan atas.

#### **2.1.4 Sanitasi oleh masyarakat (SANIMAS)**

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2009), secara definitif, SANIMAS adalah sebuah inisiatif untuk mempromosikan penyediaan prasarana dan sarana pengelolaan air limbah permukiman yang berbasis masyarakat dengan pendekatan tanggap kebutuhan. Fokus kegiatan SANIMAS adalah penanganan air limbah rumah tangga khususnya tinja manusia – dan tidak menutup kemungkinan limbah cair “*home industry*”, misalnya industri tahu dan tempe. Prinsip-prinsip SANIMAS antara lain:

1. Pendekatan Tanggap Kebutuhan (*Demand Responsive Approach*)

- SANIMAS hanya akan membantu dan memfasilitasi kota/kabupaten dan masyarakat yang menyatakan kebutuhannya secara eksplisit.
2. Seleksi sendiri oleh masyarakat (*Self Selection*)  
Masyarakat yang layak mengikuti SANIMAS akan bersaing mendapatkan program ini dengan cara menunjukkan komitmen serta kesiapan untuk melaksanakan sistem sesuai pilihan mereka.
  3. Pendanaan multi-sumber  
Pembiayaan SANIMAS berasal dari berbagai sumber pendanaan, yaitu: dana pemerintah pusat dan daerah (APBN dan APBD), dana masyarakat (swadaya masyarakat) dan swasta/donor/LSM.
  4. Pilihan teknologi (*Informed choice catalogue*)  
SANIMAS terdiri dari 3 jenis pilihan teknologi yaitu: (1) Sistem MCK Plus++: terdiri dari sejumlah pintu, biasanya dilengkapi kamar mandi, sarana cuci dan pengolahan air limbah (yang dilengkapi *bio-digester*). Setiap jamban melayani 5 KK (25 orang). Sesuai untuk permukiman yang kebanyakan tidak memiliki jamban. (2) Sistem Perpipaan Komunal: menggunakan sistem pemipaan PVC. Pipa biasanya diletakkan di halaman depan, gang, atau halaman belakang, dan membutuhkan bak kontrol pada tiap 20 meter dan di titik-titik pertemuan saluran. Pipa-pipa ini berakhir pada komponen pengolahan air limbah, secara biologis menggunakan "*baffled reactor*", dimana reaktor diberi sekat-sekat untuk memperluas bidang kontak air limbah dengan bakteri pengurai, sehingga diperoleh hasil buangan akhir yang memenuhi standar baku mutu. (3) *Septictank* Bersama: air limbah dialirkan melalui pipa ke tangki septik yang dibangun di bawah tanah. Dalam tangki septik terdapat dua proses pengolahan, yaitu pengendapan dan pengapungan. Air limbah yang berada di tengah (bagian bersih) mengalir keluar.
  5. Penguatan Kelembagaan (*Capacity Building*)  
Masyarakat menentukan, merencanakan, membangun, dan mengelola sistem yang mereka pilih sendiri, dengan difasilitasi LSM atau konsultan pendamping yang



bergerak secara profesional dalam bidang teknologi pengolahan limbah maupun bidang sosial. Sedangkan pemerintah daerah tidak sebagai pengelola sarana, melainkan hanya memfasilitasi inisiatif masyarakat.

6. Partisipasi masyarakat

Seluruh masyarakat, baik laki-laki maupun perempuan, ataupun warga yang kurang diuntungkan harus secara aktif ikut terlibat dan bertanggung jawab untuk perencanaan dan implementasi program SANIMAS.

Istilah Sanitasi oleh Masyarakat (SANIMAS) pada kawasan perkotaan yang dikembangkan melalui Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM) Sanitasi dipopulerkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum (KemenPU) Direktorat Jenderal (Dirjen) Cipta Karya (2013) dengan istilah Sanitasi Perkotaan Berbasis Masyarakat (SPBM).

## 2.2 Teknologi Sanitasi

### 2.2.1 Pengumpulan dan pengolahan air buangan

#### a. Pengaturan *Off-site*

Air buangan dalam hal ini mencakup campuran *grey water* dan kotoran manusia. Air buangan dikumpulkan dan disalurkan menggunakan gravitasi dengan jaringan pipa menuju kolam stabilisasi untuk diolah sebelum dibuang ke lingkungan. Saluran air buangan sederhana merupakan teknologi alternatif sanitasi untuk permukiman padat penduduk perkotaan yang terdiri dari jaringan saluran air buangan dan unit pengolahan air limbah. Kepadatan penduduk yang tinggi berakibat tingginya debit air limbah yang dapat membuat kurangnya ruang sanitasi setempat.

#### b. Pengaturan *On-site*

*Flush toilet* yang terhubung dengan tangki septik yang juga menerima *grey water* merupakan sebuah sistem setempat untuk pengumpulan dan pengolahan air buangan. Sistem tersebut membutuhkan air untuk menyalurkan limbah dalam pipa menuju tangki septik dimana terjadi pengolahan secara anaerob. Lumpur yang telah hancur dikeluarkan menggunakan alat penyedot tinja setelah 3 – 4 tahun tergantung pada *loading rate* dan effluennya dibuang menuju daerah resapan sebelum

terinfiltrasi kedalam tanah. Efluen tangki septik dapat juga dibuang pada *constructed wetland*. Teknologi ini banyak digunakan di area perkotaan negara berkembang dimana tidak ada saluran air buangan (Katukiza *et al.*, 2012).

Menurut KemenPU Dirjen Cipta Karya (2013), sarana sanitasi dalam STBM terdiri dari 2 (dua) pilihan:

1. Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Komunal dengan Sistem Perpipaan.

Terdiri dari:

- Bangunan IPAL
- Sistem jaringan perpipaan

Opsi teknologi IPAL komunal dan sistem jaringan perpipaan diterapkan pada:

- Permukiman padat di perkotaan yang kebanyakan sudah memiliki jamban pribadi yang tidak memenuhi persyaratan higienis
- Kawasan sudah memiliki ketersediaan air bersih
- Masyarakat mau dan berminat untuk mengelola IPAL tersebut

2. Kombinasi MCK dengan sistem perpipaan

Terdiri dari:

- MCK
- Bangunan IPAL
- Sistem jaringan perpipaan

Opsi teknologi IPAL komunal dan sistem jaringan perpipaan dan kombinasi MCK dengan perpipaan diterapkan pada:

- Permukiman padat di perkotaan yang sebagian sudah memiliki jamban pribadi yang tidak memenuhi persyaratan higienis
- Kawasan sudah memiliki ketersediaan air bersih
- Permukiman padat di perkotaan yang sebagian tidak memiliki jamban
- Masyarakat mau dan berminat untuk mengelola MCK tersebut

### **2.2.2 Pengolahan air limbah secara anaerobik**

Proses pengolahan air limbah secara anaerobik telah digunakan sebagai alternatif pengolahan aerobik untuk mengolah

air limbah dari skala low hingga high strenght. Salah satu keuntungan pengolahan air limbah secara anaerobik adalah volume reaktor yang dibutuhkan lebih kecil dan volume lumpur yang dihasilkan lebih sedikit dibandingkan dengan proses aerobik (Metcalf & Eddy, 2014).

**2.2.3 Alternatif pengolahan**

**2.2.3.1 Anaerobic Baffled Reactor (ABR)**

ABR adalah reaktor yang didesain menggunakan *baffle* berseri untuk membuat air limbah yang mengandung polutan organik yang mengalir ke bawah dan ke atas (atau melalui) *baffle* seperti air limbah mengalir dari *inlet* menuju *outlet* (McCarty & Bachmann, 1992). Keuntungan paling signifikan dari ABR mungkin adalah kemampuannya untuk memisahkan *acidogenesis* dan *methanogenesis* secara *longitudinal* ke bagian bawah reaktor, yang memungkinkan reaktor tersebut berperilaku seperti dua fase sistem tanpa masalah kontrol yang berkaitan dan biaya yang tinggi (Weiland & Rozzi, 1991). Menurut Barber & Stuckey (1999), keuntungan yang berkaitan dengan ABR antara lain seperti yang tercantum pada Tabel 2.1,

Tabel 2. 1 Keuntungan *Anaerobic Baffled Reactor*

Keuntungan	
Konstruksi	
1.	Desain yang mudah
2.	Tidak ada bagian yang bergerak dan tidak perlu pengadukan mekanis
3.	Tidak mahal untuk dibangun
4.	Volume kosong yang tinggi
5.	<i>Clogging</i> berkurang
6.	Ekspansi <i>sludge bed</i> berkurang
7.	Biaya modal dan operasi yang rendah
Biomasa	
1.	Tidak membutuhkan alat pengendapan yang tidak lazim untuk biomasa
2.	Menghasilkan sedikit lumpur
3.	Waktu tinggal lumpur yang tinggi
4.	Biomasa tidak memerlukan fixed media atau solid-settling chamber untuk tinggal
5.	Tidak memerlukan pemisahan gas atau lumpur yang special

---

Operasi

**Keuntungan**

---

1. HRT rendah
2. Memungkinkan operasi berselang-seling
3. Sangat stabil pada *hydraulic shock loads*
4. Perlindungan dari material beracun pada influen
5. Waktu operasi yang lama tanpa membuang lumpur

Stabilitas tinggi pada *organic shocks*

---

Sumber: Barber & Stuckey (1999)

ABR cocok digunakan untuk mengolah berbagai jenis limbah dengan konsentrasi BOD >150 mg/l. Meskipun efisiensinya meningkat dengan penambahan beban organik yang lebih tinggi, ABR juga sangat cocok untuk air limbah domestik. Performa pengolahan mencapai rentang 65% hingga 90% untuk COD *removal* (70% - 95% untuk BOD *removal*) (Gutterer *et al.*, 2009) dan COD *removal* 90% (Metcalf & Eddy, 2003). Kriteria desain untuk ABR menurut Sasse (1998); Gutterer *et al.* (2009) yaitu:

- Kecepatan *up flow* = < 2,0 m/jam
- Beban organik = < 3,0 kg COD/m<sup>3</sup>hari
- *Hydraulic retention time* = > 8 jam

Sedangkan Metcalf & Eddy (2014) mengungkapkan dalam bukunya, kriteria desain untuk ABR meliputi:

- Konsentrasi *volatile solids* = 2 – 10%
- *Hydraulic retention time* = 6 – 24 jam
- *Solid retention time* = > 30 hari
- Beban organik = 5 – 10 kg COD/m<sup>3</sup>hari

### **2.2.3.2 Anaerobic Filter (AF)**

Menurut Young & McCarty (1969), *Anaerobic Filter* (AF) secara umum memiliki kesamaan penampilan dengan trickling filter pada pengolahan air limbah secara aerobik. Air limbah pada AF didistribusikan hingga bagian bawah dari AF. Aliran air dalam AF adalah dari bawah ke atas melalui media batuan sehingga filter-nya terendam secara keseluruhan. Mikroorganisme anaerobik terakumulasi pada bagian kosong di antara batuan sehingga air limbah dapat kontak dengan biomassa aktif yang luas ketika melalui filter. AF memiliki beberapa keuntungan dibandingkan proses pengolahan air limbah secara biologis yang lain seperti,

1. AF cocok untuk pengolahan air limbah terlarut
2. Tidak ada efluen atau solid recycle yang dibutuhkan. Padatan biologis tetap tinggal dalam filter dan tidak akan terbawa dengan efluen.
3. Akumulasi konsentrasi yang tinggi pada padatan aktif dalam filter memungkinkan pengolahan limbah yang encer bahkan pada temperatur rendah. Pemanasan tidak dibutuhkan tidak seperti pada kebanyakan proses anaerobik yang lain untuk mempertahankan efisiensi pengolahan yang tinggi.
4. Produksi lumpur yang sangat kecil. Efluen air limbah secara esensial tidak mengandung padatan tersuspensi; dan pembuangan lumpur, dibeberapa kasus, hampir tidak ada. Hal ini berbanding terbalik dengan proses pengolahan biologis yang lain yang mana memproduksi lumpur dalam jumlah yang besar.

AF dapat sangat diandalkan dan kuat. Pengalaman menunjukkan, bagaimanapun, antara 25 – 30% dari total masa filter mungkin tidak aktif karena *clogging*. Penyumbatan terjadi ketika air limbah menemukan saluran melalui pori-pori yang terbuka; akhirnya, rongga penyumbat jarang digunakan dan kecepatan aliran yang lebih tinggi terjadi pada beberapa bukaan. Hal ini mengakibatkan berkurangnya waktu retensi dan mikroorganisme aktif hanyut. *Removal* efisiensi pengolahan pada AF yang dioperasikan dengan baik yaitu diantara 70 – 90% BOD. Kriteria desain untuk AF menurut Gutterer *et al.* (2009) yaitu:

- Panjang *chamber* = < kedalaman air
- Beban organik = 4,0 – 5,0 kg  
COD/m<sup>3</sup>hari
- *Hydraulic retention time* = 1,5 – 2 hari

### 2.3 Karakteristik Air Limbah Domestik

Air limbah dapat didefinisikan sebagai air yang dihabiskan oleh suatu komunitas (NMED, 2007). Air limbah domestik adalah air limbah yang berasal dari usaha dan atau kegiatan permukiman (*real estate*), rumah makan (restauran), perkantoran, perniagaan, apartemen dan asrama (KepmenLH no 112/2003). Menurut Said (2008), air limbah perkotaan adalah seluruh buangan cair yang berasal dari hasil proses seluruh

kegiatan yang meliputi limbah domestik cair yakni buangan kamar mandi, dapur, air bekas pencucian pakaian, limbah perkantoran, dan limbah dari daerah komersial serta limbah industri. Air limbah kota-kota besar di Indonesia dapat dibagi menjadi tiga yaitu, air limbah domestik, industri dan komersial. Berdasarkan survei di Jakarta tahun 1989, tiap orang rata-rata mengeluarkan beban limbah organik sebesar 40 gram BOD per orang per hari, yakni dari limbah toilet 13 gram per orang per orang per hari dan air limbah non toilet sebesar 27 gram BOD per orang per hari.

Air limbah memiliki karakteristik fisik, kimia dan biologi. Karakteristik air limbah menurut KemenPU (2011), antara lain:

- a. Kekeruhan  
Kekeruhan bisa disebabkan oleh hadirnya bahan organik atau anorganik, misalnya lumpur.
- b. Warna  
Warna yang hadir dalam air limbah dengan intensitas melebihi batas, tidak bisa diterima karena alasan estetika.
- c. Bau dan rasa  
Penyebab bau dan rasa dapat berupa hadirnya mikroorganisme seperti algae, adanya gas seperti  $H_2S$ , dan sebagainya. Dari segi estetika, air yang memiliki rasa dan bau dipandang mengganggu.
- d. Suhu dan residu  
Suhu berpengaruh pada pemakaian air limbah tersebut, misalnya, air yang mempunyai suhu  $0^{\circ}C$  tidak mungkin dapat diterima, begitu pula untuk suhu air yang terlalu tinggi.
- e. Derajat pH  
Dalam pemakaian air minum, pH dibatasi disebabkan mempengaruhi rasa, korosifitas dan efisiensi khlorinasi.
- f. Kesadahan Ca dan Mg
- g. Besi dan Mangan
- h. Nitrogen
- i. Bahan anorganik lain  
Bahan anorganik dalam air dapat berupa Ag, Al, As, Ba, Br, Cd, Cl, Cr, Cu, F, Hg,  $H_2S$ ,  $PO_4$ , Pb, Se, Zn, dan lain-lain.

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan Kadariswan (2008), mengenai karakteristik air limbah domestik yang

dilakukan di sebuah kawasan permukiman di Surabaya didapat hasil seperti pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Karakteristik Air Limbah Domestik Kawasan Permukiman di Surabaya

Parameter	Satuan	Konsentrasi
pH	-	6,7
TSS	mg/l	43,67
COD	mg/l O <sub>2</sub>	93,67
BOD	mg/l O <sub>2</sub>	45,33
N (Amonium)	mg/l NH <sub>3</sub> -N	148,65
P (Phosphat)	mg/l PO <sub>4</sub> -P	4,65
Total Coliform	MPN/100ml	15,16 x 10 <sup>6</sup>

Sumber: Kadariswan (2008)

## 2.4 Baku Mutu Air Limbah Domestik

Baku mutu air limbah domestik diatur dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 112 tahun 2003 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik. Baku mutu tersebut mensyaratkan batas maksimum untuk tiap parameter air limbah domestik seperti tercantum dalam Tabel 2.3. Sedangkan pemerintah Kota Surabaya sendiri tidak memiliki baku mutu untuk air limbah domestik, melainkan hanya penetapan kelas air untuk setiap sungai/saluran yang tercantum dalam Peraturan Daerah (Perda) Kota Surabaya nomor 2 tahun 2014.

Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Domestik Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 112 Tahun 2003

Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
pH		6 – 10
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Lemak dan minyak	mg/l	10

Sumber: KepmenLH 112/2003

Pada buku SLHD Kota Surabaya tahun 2013, BLH tidak mencatumkan kualitas efluen saluran Kali Sumo, saluran dimana lokasinya bersinggungan dengan RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo, Kecamatan Wonokromo, Kota Surabaya. Sedangkan baku

mutu air limbah domestik menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur nomor 72 tahun 2013 tercantum pada Tabel 2.4

Tabel 2. 4 Baku Mutu Air Limbah Domestik Menurut Peraturan Gubernur Jawa Timur Nomor 72 Tahun 2013

No	PARAMETER	SATUAN	GOLONGAN BAKU MUTU AIR LIMBAH	
	<b>FISIK</b>		I	II
1	Temperatur	der.C	38	40
2	Zat padat larut (TDS)	mg/L	2000*	4000
3	Zat padar tersuspensi	mg/L	200	400
	<b>KIMIA</b>			
1	pH		6,0 sampai 9,0	
2	Besi terlarut (Fe)	mg/L	5	10
3	Mangan terlarut (Mn)	mg/L	2	5
4	Barium (Ba)	mg/L	2	3
5	Tembaga (Cu)	mg/L	2	3
6	Seng (Zn)	mg/L	5	10
7	Krom Heksavalen(Cr+6)	mg/L	0,1	0,5
8	Krom Total (Cr)	mg/L	0,5	1
9	Cadmium (Cd)	mg/L	0,05	0,1
10	Raksa (Hg)	mg/L	0,002	0,005
11	Timbal (Pb)	mg/L	0,1	1
12	Stanum(St)	mg/L	2	3
13	Arsen (Ar)	mg/L	0,1	0,5
14	Selenium (Si)	mg/L	0,05	0,5
15	Nikel (Ni)	mg/L	0,2	0,5
16	Kobalt (Co)	mg/L	0,4	0,6
17	Slanida (CN)	mg/L	0,05	0,5
18	Sulfida (H <sub>2</sub> S)	mg/L	0,05	0,1
19	Fluorida (F)	mg/L	2	3
20	Klorin bebas (Cl <sub>2</sub> )	mg/L	1	2
21	Amonia bebas (NH <sub>3</sub> -N)	mg/L	1	5
22	Nitrat (NO <sub>3</sub> -N)	mg/L	20	30
23	Nitrit (NO <sub>2</sub> -N)	mg/L	1	3
24	BOD <sub>5</sub>	mg/L	50	150
25	COD	mg/L	100	300
26	Senyawa aktif biru metilen	mg/L	5	10
27	Fenol	mg/L	0,5	1
28	Minyak Nabati	mg/L	5	10
29	Minyak Mineral	mg/L	10	50
30	Radioaktivitas **)	mg/L	-	REF

Sumber: Pergub Jatim 72/2013



## 2.4 *Sampling* atau Pengambilan Contoh

Untuk melakukan analisis statistik diperlukan data, karenanya data perlu dikumpulkan. Bergantung pada berbagai faktor, untuk ini kadang-kadang dilakukan sensus, kadang-kadang dilakukan *sampling*. Sensus terjadi apabila setiap anggota atau karakteristik yang ada di dalam populasi dikenai penelitian. Jika tidak, maka *sampling*-lah yang ditempuh, yaitu sampel diambil dari populasi dan datanya dikumpulkan (Sudjana, 1996).

Menurut Dajan (1986), metode pengumpulan data dapat bermacam-macam. Praktek pengumpulan data yang paling lazim adalah dengan menggunakan wawancara secara langsung atau kuesioner yang dikirim ke alamat responden. Pengumpulan data untuk penelitian dapat saja bersifat data sensus atau sampel. Dalam hal tersebut, beberapa hal perlu memperoleh perhatian khusus, antara lain:

- Merencanakan pertanyaan serta membuat daftar lampiran  
Secara teoritis, bentuk pertanyaan maupun daftar lampiran yang efisien bagi pengumpulan data harus memiliki lima ciri di bawah ini.
  - a. Pertanyaan maupun daftar lampiran pertanyaan harus jelas
  - b. Pertanyaan yang bersifat sensitif harus dihindari
  - c. Jawaban yang diperoleh harus obyektif dan dapat disusun secara berlajur-lajur
  - d. Instruksi bagi pewawancara maupun perumusan istilah harus singkat dan jelas
  - e. Susunan pertanyaan harus direncanakan secara cermat
- Memilih jenis sampel  
Dalam praktek, jenis sampel yang paling banyak digunakan oleh peneliti ialah sampel random, sampel sistematis, sampel luas (area sampel) dan sampel berstrata (*stratified sample*) atau campuran antara jenis di atas.

## 2.5 Metode Pengambilan Contoh Air Limbah

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) 6989.59 (2008), cara pengambilan contoh untuk pengujian kualitas air secara umum melalui tahapan-tahapan sebagai berikut:

- a. Siapkan alat pengambil contoh yang sesuai dengan keadaan sumber airnya;
- b. Bilas alat pengambil contoh dengan air yang akan diambil, sebanyak 3 (tiga) kali;
- c. Ambil contoh sesuai dengan peruntukan analisis dan campurkan dalam penampung sementara, kemudian homogenkan;
- d. Masukkan ke dalam wadah yang sesuai peruntukan analisis;
- e. Lakukan segera pengujian untuk parameter suhu, kekeruhan dan daya hantar listrik, pH dan oksigen terlarut yang dapat berubah dengan cepat dan tidak dapat diawetkan;
- f. Hasil pengujian parameter lapangan dicatat dalam buku catatan khusus;
- g. Pengambilan contoh untuk parameter pengujian di laboratorium dilakukan pengawetan terlebih dahulu.

Beberapa tipe pengambilan contoh air limbah antara lain:

- Contoh sesaat (*grab sample*);
- Contoh gabungan waktu (*composite samples*);
- Contoh gabungan tempat (*integrated samples*);
- Contoh gabungan waktu dan tempat.

Sedangkan alat pengambil contoh harus memenuhi persyaratan sebagai berikut:

- Terbuat dari bahan yang tidak mempengaruhi sifat contoh;
- Mudah dicuci dari bekas contoh sebelumnya;
- Contoh mudah dipindahkan ke dalam botol penampung tanpa ada sisa bahan tersuspensi dalamnya;
- Mudah dan aman di bawa;
- Kapasitas alat tergantung dari tujuan pengujian.

## 2.6 Sistem Penyaluran Air Limbah

Metcalf & Eddy (1981) mengklasifikasikan sistem pengumpulan air limbah kedalam 3 (tiga) tipe; *sanitary* atau saluran terpisah, *storm-water*, dan gabungan. Sistem pengaliran, *sanitary* misalnya, bisa menggunakan gravitasi, tekanan dan dalam *vacuum*.

Syarat-syarat pengaliran air limbah menurut KemenPU Dirjen Cipta Karya (2013) yang harus diperhatikan dalam perencanaan jaringan saluran air limbah, antara lain:

- a) Pengaliran secara gravitasi
- b) Batasan kecepatan minimum dan maksimum harus diperhatikan. Kecepatan minimum untuk memungkinkan terjadinya proses self-cleansing, sehingga bahan padat yang terdapat di dalam saluran tidak mengendap di dasar pipa dan agar tidak mengakibatkan penyumbatan. Sedangkan kecepatan maksimum mencegah pengikisan pipa oleh bahan-bahan padat yang terdapat di dalam saluran.
- c) Jarak antara bak kontrol pada perpipaan mengurangi akumulasi gas dan memudahkan pemeliharaan saluran.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam sistem penyaluran air limbah menurut Metcalf & Eddy (1981), antara lain:

- Konstanta Manning  $n$  = 0.013 (saluran yang sudah ada dan terbangun dengan baik)  
= 0.015 (saluran lama)
- Kecepatan minimum = 0.6 m/detik
- Kecepatan maksimum = 2.5 – 3.0 m/detik

### 2.6.1 Debit air limbah

Debit air limbah bisa berasal dari rumah tangga, fasilitas umum, fasilitas komersil, dan industri pada sebuah kota. Debit air limbah dikategorikan kedalam dua bagian, yaitu air limbah domestik dan non-domestik. Air limbah domestik berasal dari aktifitas rumah tangga saja.

#### 2.6.1.1 Debit rata-rata air limbah ( $Q_{ave}$ )

Debit rata-rata air limbah dihasilkan dari jumlah rata-rata air limbah yang dihasilkan selama 24 jam sesuai dengan data

debit tahunan (Metcalf & Eddy, 2003). Debit air limbah domestik secara umum ditentukan dari konsumsi air bersih domestik:

$$Q_{ww} = 10^{-3} k q P.....(2-1)$$

Dimana  $Q_{ww}$  adalah debit air limbah, m<sup>3</sup>/hari;  $q$  adalah konsumsi air bersih, liter/orang.hari;  $P$  adalah populasi yang terhubung dengan sistem penyaluran air limbah; dan  $k$  adalah ‘*return factor*’, fraksi air bersih yang dikonsumsi yang berubah menjadi air limbah. Nilai dari  $k$  biasanya antara 0.8 – 0.9 (Mara, 2003). Studi JICA 1990 dalam Said (2008) menunjukkan, jumlah pemakaian air bersih berdasarkan jenis peruntukan bangunan rumah biasa yakni sebesar 150 liter/orang.hari. Sedangkan debit air limbah yang dihasilkan sebesar 120 liter/orang.hari. Menurut Kementerian Pekerjaan Umum (2011), faktor timbunan air buangan adalah 80% dari konsumsi air bersih pemakai yang besarnya antara 45 – 150 liter/orang.hari. Sedangkan berdasarkan SNI 03-7065-2005, pemakaian air bersih untuk rumah tinggal tiap orang per hari adalah 120 liter.

### 2.6.1.2 Debit jam puncak air limbah ( $Q_{peak}$ )

Debit puncak didapat dari hasil perkalian antara faktor puncak dengan debit rata-rata. Faktor puncak untuk menghitung  $Q_{peak}$  dari beberapa literatur disajikan pada tabel berikut.

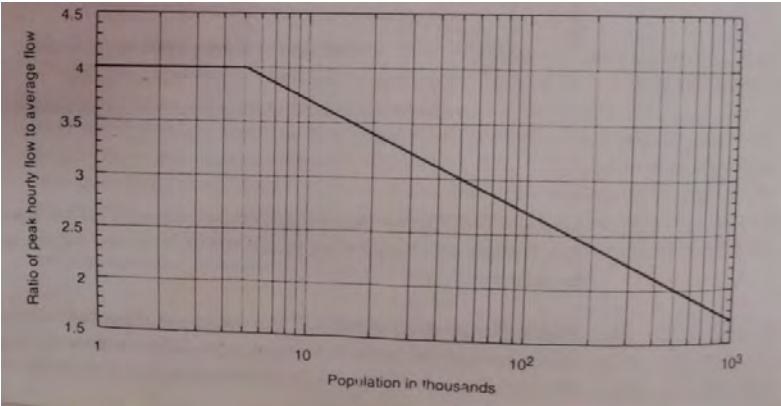
Tabel 2. 5 Besarnya faktor puncak dari beberapa literatur

Faktor puncak	Range	Tipikal
Imam & Elnakar	-	4.35
Crites & Tchobanoglous	3 – 6	4
Qasim	2.7 – 4.0	2.9
Hammer	-	2.5
Mara	-	$fp = 14 p^{-1/6}$
Babbitt	-	$fp = \frac{5}{p^{0.2}}$
Fair & Geyer	-	$fp = \frac{18+p^{0.5}}{4+p^{0.5}}$

fp = faktor puncak

p = jumlah penduduk

Debit jam puncak ( $Q_{peak}$ ), berguna untuk menentukan ukuran fasilitas pemompaan dan saluran penyaluran air limbah. Selain itu berfungsi untuk menentukan ukuran unit-unit pengolahan fisik dan tangki klorinasi, serta untuk perencanaan strategi dalam menghadapi debit yang tinggi. Metcalf & Eddy (2003) menentukan faktor puncak melalui grafik debit air limbah rata-rata (tanpa infiltrasi/inflow) dengan rasio debit jam puncak per debit rata-rata seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2. 1 Grafik Faktor Puncak Untuk Aliran Air Limbah

**2.6.1.3 Debit maksimum air limbah ( $Q_{max}$ )**

Debit hari maksimum ( $Q_{max}$ ), berguna untuk merencanakan ukuran bak ekualisasi, sistem pemompaan lumpur, serta tangki klorinasi (Metcalf & Eddy, 2003). Faktor hari maksimum menurut Qasim (1985), diformulasikan sebagai,

$$Q_{max} / Q_{ave} = 5.0 / P^{1/6} \dots\dots\dots(2-2)$$

dengan P sebagai jumlah penduduk.  $Q_{max}$  didapatkan dengan mengalikan debit harian rata-rata dengan faktor hari maksimum. Pada Tabel 2.6 disajikan data dari beberapa literatur mengenai faktor hari maksimum (fmd).

Tabel 2. 6 Besarnya Faktor Hari Maksimum Dari Beberapa Literatur

Faktor hari maksimum	Range	Tipikal
Imam & Elnakar	-	1.6
Crites & Tchobanoglous	2 – 4	2.5
Qasim	1.5 – 2.0	-

#### 2.6.1.4 Debit minimum air limbah ( $Q_{min}$ )

Debit minimum air limbah ( $Q_{min}$ ) didapatkan dengan mengalikan debit harian rata-rata dengan faktor hari minimum. Menurut Metcalf & Eddy (2003),  $Q_{min}$  berguna dalam penentuan ukuran saluran untuk menghindari terjadinya pengendapan solid dalam pipa. Debit minimum adalah debit air buangan pada saat pemakaian air minimum. Debit minimum ini digunakan dalam menentukan kedalaman minimum, untuk menentukan perlu tidaknya penggelontoran. Qasim (1985) dalam bukunya memformulasikan  $Q_{min}$  sebagai,

$$Q_{min} / Q_{ave} = 0.2 / P^{1/6} \dots\dots\dots(2-3)$$

dengan P sebagai jumlah penduduk. Pada Tabel 2.7 disajikan data dari beberapa literatur mengenai faktor yang dipergunakan untuk menghitung debit minimum.

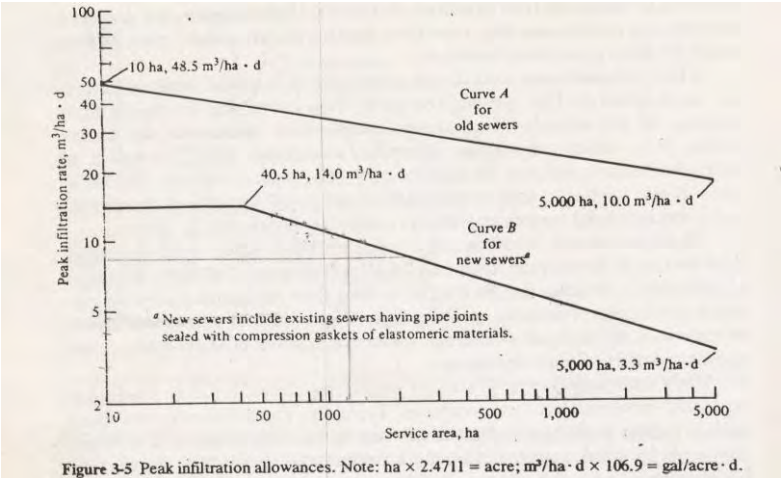
Tabel 2. 7 Besarnya Faktor Hari Minimum dari Beberapa Literatur

Faktor hari maksimum	Range	Tipikal
Imam & Elnakar	-	0.25
Metcalf & Eddy	30 – 70 % $Q_{ave}$	-
Qasim	-	0.4
Hammer	-	0.2
Babbitt	-	0.2 p <sup>1,2</sup> $Q_{ave}$

#### 2.6.1.5 Infiltrasi

Infiltrasi merupakan air tanah yang masuk ke dalam saluran dan sambungan pipa melalui sambungan yang rusak atau pipa yang retak serta melalui tutup manhole. Debit infiltrasi dapat diestimasi dalam galon (liter) per acre per hari atau persen debit per kapita. Range nilai antara 700 – 1500 galon/hari/acre (6600 – 14100 liter/hari/hektar). Range persentase antara 3 – 5 % dari debit jam puncak air limbah atau kira-kira 10% dari  $Q_{ave}$  (Hammer, 2012). Pada Pedoman Perencanaan Tata Cara

Rancangan Sistem Jaringan Perpipaan Air Limbah Terpusat yang dikeluarkan oleh Direktorat Pengembangan PLP (Departemen Pekerjaan Umum) juga disebutkan bahwa besarnya Qinfiltrasi sebesar 10% dari Qave. Tchobanoglous (1981) menentukan debit infiltrasi melalui grafik antara luas area yang dilayani (ha) dan laju puncak infiltrasi ( $\text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{hari}$ ) seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Grafik Infiltrasi Menurut Metcalf & Eddy (1981)

Pada Tabel 2.8 disajikan data dari beberapa literatur mengenai faktor yang dipergunakan untuk menentukan laju infiltrasi.

Tabel 2. 8 Besarnya Faktor Infiltrasi Dari Beberapa Literatur

Faktor infiltrasi	Range	Tipikal
Metcalf & Eddy	0.2 – 28 $\text{m}^3/\text{ha} \cdot \text{d}$	-
Tchobanoglous	1.5 – 2.5	-
Qasim	-	1.5
Hammer	-	10% Qave
Babbitt	0.034 – 6.57 $\text{l}/\text{det}/\text{km}$	-
American Society of Civil Engineers	1.62 $\text{l}/\text{det}/\text{km}$	-

### 2.6.1.6 Inflow

Inflow merupakan masuknya air hujan, seperti yang berasal dari atap rumah, ke dalam pipa penyaluran air buangan melalui lubang manhole dan tutup bak kontrol. Inflow yang menyebabkan steady flow tidak dapat diidentifikasi secara terpisah dan harus dimasukkan kedalam perhitungan infiltrasi (Metcalf & Eddy, 2014). Babbitt (1969) mengemukakan besarnya debit inflow sebesar 9.46 liter per detik per manhole. Lalu menggunakan debit inflow untuk menghitung debit infiltrasi melalui persamaan:

$$Q_{inf} = (Cr \times P \times Q_r) + (L \times q_{inf}) \dots \dots \dots (2-4)$$

dimana,

- $Q_{inf}$  = Debit infiltrasi (l/detik)
- $Q_r$  = Debit rata-rata air buangan (l/detik.1000 jiwa)
- $q_{inf}$  = Debit inflow (l/detik/Lm)
- $Cr$  = Koef. infiltrasi rata-rata daerah persil = 0.2 – 0.3
- $P$  = Populasi (dalam ribuan jiwa)
- $L$  = Panjang lajur pipa mayor/lateral (km)

### 2.6.2 Sistem perpipaan

Sistem perpipaan pada pengaliran air limbah komunal berfungsi untuk membawa air limbah dari beberapa rumah ketempat pengolahan air limbah agar tidak terjadi pencemaran pada lingkungan sekitarnya (KemenPU Dirjen Cipta Karya, 2013).

Perpipaan sistem penyaluran air limbah menurut fungsinya dibedakan atas:

- Pipa persil, yaitu pipa saluran yang umumnya terletak di dalam pekarangan rumah dan langsung menerima air buangan dari dapur atau kamar mandi/wc.  
 Dimensi pipa = 3" – 4"  
 Kemiringan = 1% – 2%
- Pipa servis yaitu pipa saluran yang menampung air buangan dari pipa-pipa persil dan terletak di jalan di depan rumah.  
 Dimensi pipa = 4" – 6"  
 Kemiringan = 1% – 2%



- Pipa lateral, yaitu pipa saluran yang menerima air buangan dari pipa-pipa servis.  
Dimensi pipa = 4" – 6"  
Kemiringan = 1% – 2%
- Pipa induk pipa air buangan yang menerima air buangan dari pipa lateral. Pipa ini langsung terhubung ke instalasi pengolahan air limbah.  
Dimensi pipa = 6" – 8"  
Kemiringan = 0.4% – 1%

### **2.6.3 Bahan perpipaan**

Menurut KemenPU Dirjen Cipta Karya (2013), pipa yang biasa dipakai untuk penyaluran air limbah komunal adalah:

- 1) Pipa SNI khusus air limbah, dalam kondisi khusus dapat digunakan pipa kelas AW. Pipa kelas D hanya boleh digunakan untuk pipa persil.
- 2) PE (polyethylene) untuk daerah rawa atau persilangan di bawah air.
- 3) Pipa galvanis untuk kondisi tertentu atas rekomendasi DPIU.

## **BAB 3**

### **GAMBARAN UMUM DAERAH PERENCANAAN**

#### **3.1 Gambaran Umum Kelurahan Ngagel Rejo**

Kelurahan Ngagel Rejo merupakan satu dari enam kelurahan yang terletak di Kecamatan Wonokromo, Surabaya. Kecamatan Wonokromo dengan luas wilayah lebih kurang 6,7 km<sup>2</sup> termasuk dari wilayah geografis Kota Surabaya yang merupakan bagian dari wilayah Surabaya selatan. Kecamatan Wonokromo merupakan dataran rendah yang memiliki ketinggian lenih kurang 4 – 12 meter di atas permukaan laut dan adapun batas administratif Kecamatan Wonokromo meliputi:

- Sebelah utara = berbatasan dengan Kecamatan Tegalsari
- Sebelah timur = berbatasan dengan Kecamatan Gubeng
- Sebelah selatan = berbatasan dengan Kecamatan Wonocolo
- Sebelah barat = berbatasan dengan Kecamatan Dukuh Pakis



Gambar 3. 1 Daerah Perencanaan Dilihat dari Kecamatan Wonokromo

Sedangkan batas administratif Kelurahan Ngagel Rejo meliputi:

- Sebelah utara = berbatasan dengan Kelurahan Pucang Sewu
- Sebelah timur = berbatasan dengan Kelurahan Pucang Sewu
- Sebelah selatan = berbatasan dengan Kelurahan

- Sebelah barat Jagir = berbatasan dengan Kelurahan Ngagel

Kelurahan Ngagel Rejo memiliki luas wilayah lebih kurang sebesar 1,36 km<sup>2</sup> dan ketinggian lebih kurang 6 meter di atas permukaan laut. Jumlah penduduk hasil registrasi tahun 2012 sebanyak 48.221 jiwa (Badan Pusat Statistik, 2013).



Gambar 3. 2 Sketsa Daerah Perencanaan

Perencanaan kali ini dilakukan di Kelurahan Ngagel Rejo, tepatnya di RT 11 RW 7. Pada lokasi tersebut terdapat 47 KK yang tinggal di sepanjang aliran Kali Jagir dan terdapat 41 rumah secara keseluruhan.

### 3.2 Kondisi Sanitasi di Daerah Perencanaan

Hampir semua masyarakat yang tinggal di RT 11 RW 7 sudah memiliki kakus sendiri pada masing-masing kamar mandinya. Sisanya masih memanfaatkan WC umum sebagai sarana buang air besar. Namun, hanya empat rumah tangga yang sudah memiliki tangki septik sebagai sistem pengolahan air limbah *on-site*. Hampir semua masyarakat membuang limbah cuci makan kakus langsung menuju saluran Kali Sumo yang lokasinya hanya berjarak 2 – 3 m dari depan rumah mereka. Masyarakat menggabungkan *grey water* dan *black water* dengan sebuah pipa seperti pada Gambar 3.3.



Gambar 3. 3 Saluran Penyaluran Air Buangan dari Kamar Mandi dan Cuci Dapur

Selain itu, masyarakat telah sepakat untuk mengumpulkan uang sebesar Rp 25.000,00 saat akhir pekan pada setiap minggunya guna dimanfaatkan untuk membangun tangki septik. Harapannya jika uang tersebut dapat terkumpul komunal selama sebulan, akan ada 2 – 3 keluarga yang bisa membangun tangki septik (jika diasumsikan paket pembangunan tangki septik sebesar Rp 1.500.000) dan setelah dua tahun semua keluarga akan memiliki tangki septik sendiri. Kondisi demikian ternyata tidak dapat diaplikasikan pada lokasi setempat karena keterbatasan lahan.



Gambar 3. 4 Diskusi Awal dengan Warga RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo

Pada diskusi awal di musala RT 11 RW 7 pada tanggal 14 September 2014 dengan warga setempat, warga mengungkapkan keinginan untuk mencari alternatif teknologi sanitasi lain yang dapat diterapkan untuk mengolah air limbah yang dihasilkan masing-masing keluarga. Tentunya tidak mengesampingkan aspek pembiayaan dan masalah keterbatasan lahan.



Gambar 3. 5 Lahan yang Akan Dimanfaatkan Sebagai Lokasi Pembangunan IPAL

Lahan yang dapat dimanfaatkan sebagai area pembangunan instalasi pengolahan air limbah didapat dari lahan bekas balai RT setempat. Namun, saat ini balai RT tersebut masih dimanfaatkan sebagai rumah semi-permanen salah satu keluarga. Selain itu, penentuan lokasi IPAL juga akan dipengaruhi oleh arah aliran pipa air buangan dari masing-masing rumah. Maka dari itu diperlukan pengukuran beda ketinggian pipa air buangan yang berasal dari masing-masing rumah pada daerah perencanaan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

## **BAB 4**

### **METODE PERENCANAAN**

#### **4.1 Ide Studi**

Ide awal perencanaan berawal dari kondisi eksisting masyarakat RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo yang tinggal di bantaran saluran Kali Sumo Kota Surabaya. Hampir semua warga pada daerah tersebut belum memiliki tangki septik sebagai sistem pengolahan *on-site* air limbah dari WC/kakus. Selama ini mereka menggabungkan *grey water* dan *black water* melalui sebuah pipa dan mengalirkannya langsung menuju saluran Kali Sumo yang lokasinya 2 – 3 meter dari depan rumah. Hal ini tentu saja berpotensi menjadi sumber penyakit dan dapat mencemari badan air.

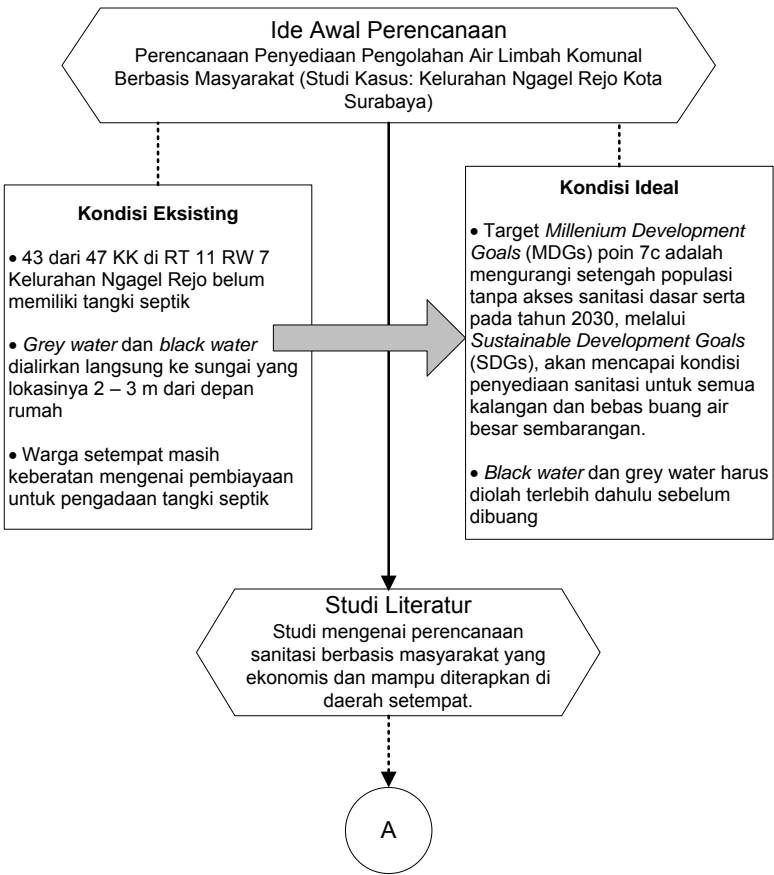
Berdasarkan observasi awal yang dilakukan, sebenarnya beberapa warga sudah berkeinginan untuk memiliki tangki septik. Namun, warga merasa keberatan terhadap biaya yang harus dikeluarkan untuk membangun tangki septik di rumah-rumah mereka sehingga warga juga sangat mengharapkan bantuan dari pihak pemerintah dan swasta. Di sisi lain, sebagian warga telah sepakat untuk menabung sebesar Rp 25.000,00 tiap minggu guna dimanfaatkan untuk membangun tangki septik untuk rumah mereka. Inisiasi ini diprakarsai oleh Puskesmas Ngagel Rejo melalui arisan jamban. Tabungan ini dikumpulkan secara komunal dalam satu RT sehingga tiap bulannya diharapkan terbangun tangki septik satu per satu untuk tiap rumah. Pembangunan tangki septik rumah tangga ternyata juga terhalang masalah keterbatasan lahan. Maka dari itu pada perencanaan sanitasi kali ini akan dilakukan studi lapangan serta pengumpulan data guna memberikan solusi teknologi sanitasi melalui sistem penyaluran air limbah serta pengolahan air limbah skala komunal yang layak diterapkan di daerah setempat tanpa mengabaikan segi pembiayaan serta aspek sosial.

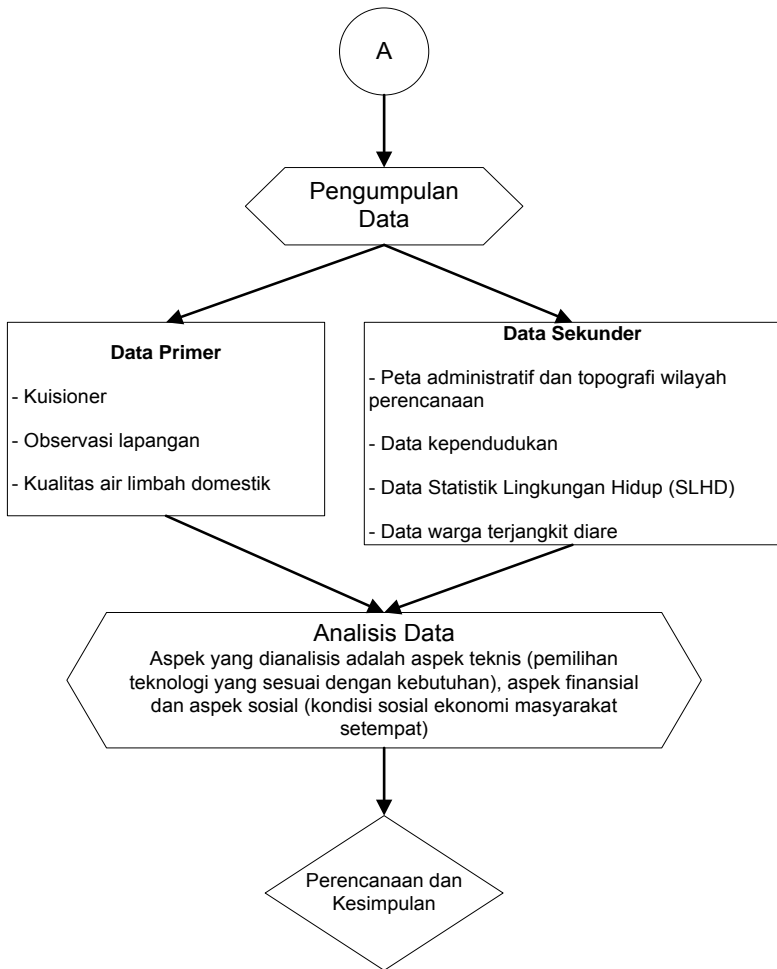
#### **4.2 Kerangka Perencanaan**

Kerangka perencanaan digunakan sebagai dasar acuan untuk memulai suatu perencanaan. Ide awal suatu kegiatan perencanaan berawal dari adanya ketidakidealan kondisi daerah perencanaan dengan kondisi yang seharusnya ada. Gambaran



metodologi serta tahapan perencanaan penyediaan pengolahan air limbah komunal berbasis masyarakat dalam rangka mengurangi pencemaran sungai dari air limbah domestik dapat dilihat pada diagram alir Gambar 4.1. Kerangka perencanaan berisi, antara lain: ide awal perencanaan, perbandingan antara kondisi eksisting dan kondisi ideal, studi literatur, pengumpulan dan analisis data (primer dan sekunder), perencanaan, dan kesimpulan penulisan.





Gambar 4. 1 Diagram Alir Metodologi Perencanaan

#### 4.3 Tahapan Perencanaan

Berdasarkan diagram alir pada sub-bab 4.2, tahapan dalam perencanaan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Ide awal perencanaan, merupakan awal mula adanya masalah sehingga diperlukan suatu pemecahan solusi

melalui kegiatan perencanaan. Ide awal atau ide studi pada tugas akhir kali ini adalah:

“Perencanaan Penyediaan Pengolahan Air Limbah Komunal Berbasis Masyarakat (Studi Kasus: Kelurahan Ngagel Rejo Kota Surabaya)”

2. Identifikasi masalah, merupakan tahap mengidentifikasi adanya *gap* antara kondisi eksisting dengan kondisi ideal yang merupakan awal mula adanya suatu masalah.
3. Studi literatur, merupakan tahapan pengumpulan literatur yang berkaitan dengan topik perencanaan guna digunakan sebagai acuan dalam melakukan perencanaan. Literatur yang perlu dikumpulkan antara lain, tentang:
  - Teknik pengumpulan sampel
  - Karakteristik air limbah domestik
  - Sanitasi Berbasis Masyarakat (SANIMAS)
  - Peraturan perundang-undangan dan kebijakan pemerintah
  - Alternatif teknologi sanitasi
4. Pengumpulan data, merupakan tahapan dasar dalam perencanaan sanitasi masyarakat daerah aliran sungai, yaitu dengan melakukan pengumpulan data yang diperoleh secara langsung (data primer) atau diperoleh dari instansi-instansi terkait (data sekunder).

#### Data primer

##### a. Kuisioner

Kuisioner ditujukan untuk mengetahui hal-hal apa saja yang ingin dibahas pada tugas akhir ini yang sesuai dengan ruang lingkup perencanaan. Aspek yang akan dibahas pada tugas akhir ini adalah terkait aspek teknis, sosial, serta finansial dan kelembagaan. Selain itu juga akan dibahas keterkaitan antara pencemaran air sungai akibat limbah domestik dengan kesehatan masyarakat setempat. Penyebaran kuisioner akan dilakukan untuk 43 KK yang ada pada RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo. Sebelum pengisian kuisioner akan dilakukan penjelasan singkat terlebih dahulu mengenai rencana pembangunan IPAL komunal sebagai pengganti tangki septik rumah

tangga. Maka dari itu pelaksanaan pengisian kuisioner dilakukan setelah pelaksanaan rembuk/diskusi dengan warga setempat. Contoh kuisioner bisa dilihat pada lampiran.

- b. Observasi awal lapangan meliputi:
  - Kemauan masyarakat untuk membangun IPAL komunal; dilakukan melalui diskusi dengan warga.
  - Kesanggupan warga untuk berpartisipasi secara fisik dan materi; dilakukan melalui diskusi dengan warga.
  - Pengukuran ketersediaan lahan melalui observasi lapangan dan pengukuran beda ketinggian pipa effluen air buangan masing-masing rumah. Metode pengukuran air buangan menggunakan cara manual dengan mengukur ketinggian pipa air buangan dengan muka air sungai atau dengan alat *Total Station*.
  - Peninjauan komponen lingkungan yang ada di sekitar lokasi perencanaan, misalnya arah aliran sungai.
- c. Kualitas air limbah domestik  
Pengukuran kualitas air limbah domestik dilakukan dengan cara *integrated sampling*, yaitu pengambilan sampel dengan gabungan tempat. Titik pengambilan sampel dilakukan pada 3 (tiga) tempat yang berbeda, yakni dengan cara membagi sungai sepanjang  $\pm 300$  m menjadi 3 segmen. Pada setiap segmen akan dilakukan satu kali pengambilan sampel effluen pipa air buangan milik warga pada hari yang sama dalam rentan waktu pukul 6.00 – 8.00. Alat pengambilan sampel menggunakan ember yang dilengkapi tali.

#### Data sekunder

- a. Peta administratif dan topografi wilayah perencanaan, yang didapat dari Dinas Cipta Karya dan Tata Ruang (DCKTR) Kota Surabaya.
- b. Data kependudukan, yang didapat dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya.
- c. Data Statistik Lingkungan Hidup (SLHD) meliputi; jumlah kepemilikan jamban sehat dan tangki septik rumah

tangga di Kelurahan Ngagel Rejo dan kualitas air sungai/kali/saluran, yang didapat dari Badan Lingkungan Hidup (BLH) Kota Surabaya.

- d. Data warga terjangkit diare di Kelurahan Ngagel Rejo, yang didapat dari Dinas Kesehatan atau Puskesmas Ngagel Rejo.
5. Analisis data, merupakan pengolahan data secara matematik yang dianalisis untuk mendapatkan kesimpulan yang diperlukan sebagai dasar sebuah perancangan. Data-data tersebut antara lain, yaitu:
  - Analisis data hasil kuisioner masyarakat
    - a. Identitas
    - b. Aspek teknis
    - c. Aspek sosial
    - d. Aspek finansial dan kelembagaan
  - Observasi awal lapangan
  - Kualitas air limbah domestik yang dilakukan melalui analisis laboratorium. Parameter yang diukur antara lain; suhu, pH, BOD, TSS, minyak dan lemak
  - Perhitungan bangunan pengolahan air limbah
6. Perencanaan, merupakan tahapan perencanaan yang dilakukan berdasarkan analisis data yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan dalam perencanaan dan memenuhi kriteria desain.
  - Perencanaan SPAL dan IPAL komunal
  - Perhitungan *Bill of Quantity* (BOQ) dan Rancangan Anggaran Biaya (RAB)
  - Perencanaan teknis dan pembiayaan *Operation and Maintenance* (OM)
  - Struktur kelembagaan melalui pembentukan Kelompok Swadaya Masyarakat (KSM)

## BAB 5

### ANALISIS DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Analisis Hasil Survei

Untuk melakukan analisis statistik diperlukan data, maka dari itu data perlu dikumpulkan. Analisis statistik bergantung pada berbagai faktor, untuk itu kadang-kadang dilakukan sensus, kadang-kadang dilakukan *sampling*. Sensus terjadi apabila setiap anggota atau karakteristik yang ada di dalam populasi dikenai penelitian (Sudjana, 1996).

##### 5.1.1 Kuisioner

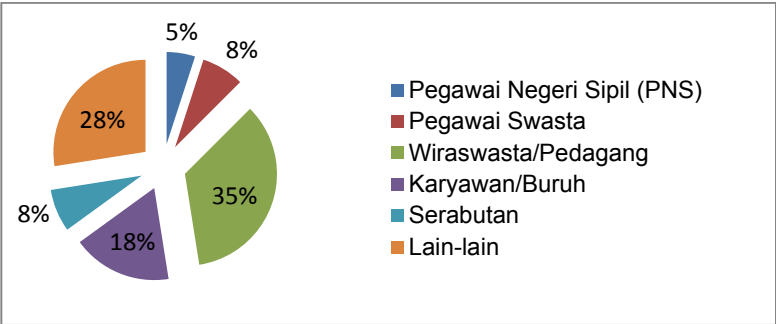
Kuisioner ditujukan untuk semua rumah yang berada di RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo Kota Surabaya yang berjumlah 47 rumah. Pengisian kuisioner dilakukan dengan metode wawancara kepada masing-masing kepala keluarga atau yang bisa diwakilkan. Aspek yang dikaji terdiri dari aspek teknis, sosial, serta finansial dan kelembagaan. Berdasarkan survei penduduk yang dilakukan, diketahui profil masyarakat setempat seperti pekerjaan, penghasilan, jumlah anggota keluarga dalam satu rumah, dan status kepemilikan rumah warga. Umur responden berada pada rentang usia 21 – 70 tahun seperti yang tercantum pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Profil Umur Responden

Parameter	21-30	31-40	41-50	51-60	> 60
Laki-laki	6	2	4	2	5
Perempuan	3	7	5	4	2

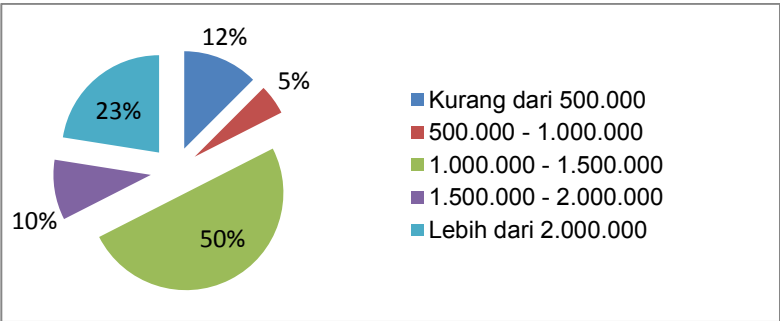
Pada profil umur responden dapat diketahui bahwa jumlah penduduk yang masuk kategori usia subur (15 – 49 tahun) adalah berjumlah 27 dari 40 orang yang dikenai survei. Hal ini menunjukkan bahwa masih terdapat kemungkinan pertambahan jumlah penduduk pada 20 tahun yang akan datang (tahun perencanaan). Maka dari itu proyeksi penduduk diperlukan untuk memperkirakan jumlah penduduk yang dipakai untuk dasar perencanaan di wilayah studi.

Sedangkan pada Gambar 5.1 menunjukkan komposisi pekerjaan kepala keluarga warga RT 11 RW 7. Menurut grafik diketahui bahwa jenis pekerjaan warga setempat yang paling banyak adalah sebagai wiraswasta/pedagang. Berdasarkan pengamatan di lapangan, sebagian besar merupakan pedagang keliling yang biasa berjualan di acara bazar.



Gambar 5. 1 Grafik Komposisi Pekerjaan Kepala Keluarga Warga RT 11 RW 7

Terbanyak kedua adalah lain-lain (28%), jumlah ini terdiri dari kuli batu, sopir dan pensiunan. Survei juga dilakukan untuk mengetahui besar pendapatan warga setempat dan kaitannya terhadap kurangnya fasilitas sanitasi yang layak di RT 11 RW 7.

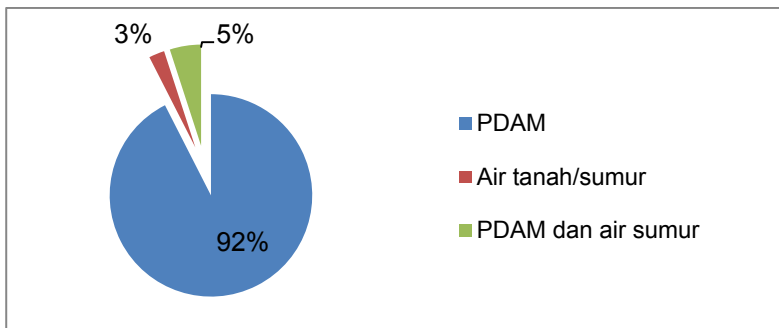


Gambar 5. 2 Grafik Komposisi Pendapatan Kepala Keluarga Warga RT 11 RW 7

Berdasarkan Gambar 5.2 diketahui bahwa 50% dari rumah tangga yang disurvei, kepala keluarganya memiliki pendapatan antara Rp 1.000.000 – 1.500.000 setiap bulannya. Beberapa warga mengaku, alasan tidak memiliki tangki septik salah satunya karena keterbatasan biaya. Jika dibandingkan dengan pendapatan rata-rata warga RT 11 RW 7, jumlah tabungan sebesar Rp 25.000,00 setiap minggunya dapat dikategorikan bisa memberatkan sebagian kalangan. Dengan penghasilan yang pas-pasan, tentu warga akan keberatan untuk menyisihkan sebagian penghasilannya untuk pembangunan tangki septik.

### A. Aspek Teknis

Sumber air bersih merupakan salah satu syarat terciptanya sanitasi yang layak bagi masyarakat. Air bersih dalam jumlah yang cukup dibutuhkan dalam kegiatan sehari-hari seperti untuk mandi, cuci dan buang air besar. Dari 40 rumah tangga yang disurvei, hampir semua warga telah menggunakan air PDAM sebagai sumber air bersih rumah tangga. Hanya satu rumah tangga saja yang belum memasang sambungan rumah. Ketersediaan air dalam jumlah banyak, seperti air PDAM, dibutuhkan untuk menggelontor tinja pada WC / kakus.

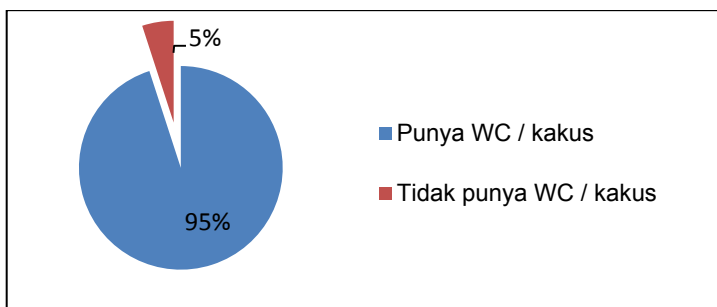


Gambar 5. 3 Sumber Air Bersih Warga RT 11 RW 7

Survei dilakukan salah satu tujuannya adalah untuk mengetahui kepemilikan WC/kakus dan tangki septik. Dari 40 warga yang di survei, hanya tersisa 2 warga yang belum memiliki WC/kakus sebagai tempat buang air besar di tiap rumah.

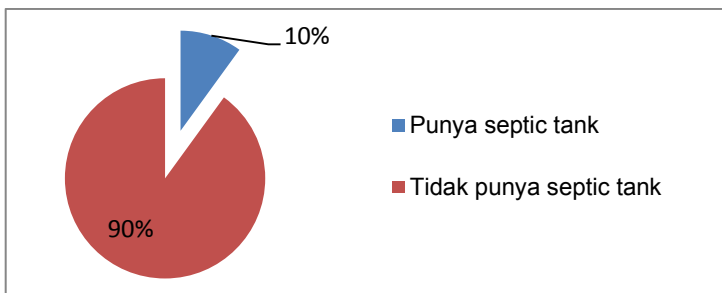


Sedangkan dari 38 warga yang memiliki WC di masing-masing rumah, hanya 4 rumah tangga saja yang memiliki jamban sehat atau hanya 10% dari rumah yang disurvei. Berdasarkan data Pukesmas Ngagel Rejo pada tribulan ketiga tahun 2014 juga menunjukkan data bahwa hanya 88% dari total rumah tangga yang ada di Kelurahan Ngagel Rejo yang masuk kategori rumah sehat. Kriteria rumah sehat disini adalah rumah yang memiliki jamban sehat individu.



Gambar 5. 4 Kepemilikan WC/kakus Rumah Tangga

Pemakaian fasilitas sanitasi oleh dua rumah tangga atau lebih juga dikategorikan belum bebas buang air besar sembarangan (WHO/UNICEF, 2010). Di RT 11 RW 7 masih terdapat dua rumah tangga yang menggunakan WC / kakus secara bersamaan. Selain itu, juga terdapat WC umum yang dalam sehari-hari hanya dipakai oleh dua rumah tangga tersebut.

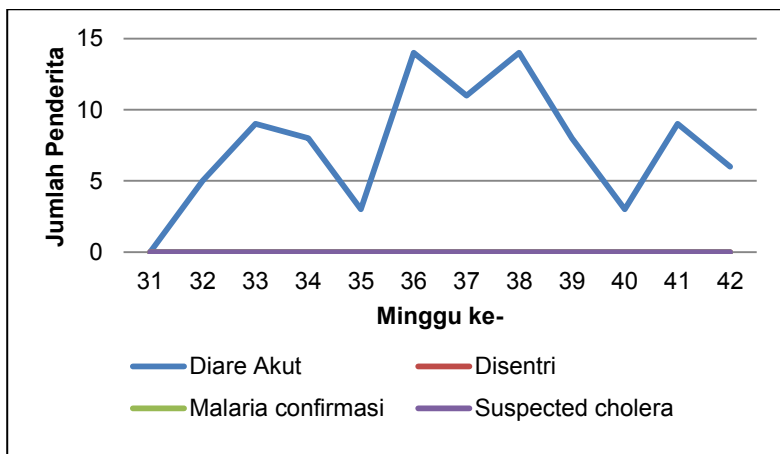


Gambar 5. 5 Kepemilikan Tangki Septik Rumah Tangga

Lahan yang terbatas membuat kepemilikan tangki septik untuk tiap rumah tangga menjadi hal yang terlihat tidak mungkin (Katukiza *et al.*, 2010).

## B. Aspek Sosial

Puskesmas Ngagel Rejo memiliki program untuk melakukan pembinaan terhadap rumah tangga yang belum masuk kategori rumah sehat. Program meliputi penyuluhan serta pemicuan melalui arisan jamban untuk meningkatkan kepemilikan jamban rumah tangga. Namun, program ini ternyata belum berjalan di RT 11 RW 7. Pembuangan *black water* dan *grey water* secara langsung menuju saluran Kalisumo di depan rumah tanpa ada pengolahan, secara tidak langsung memengaruhi kesehatan serta kualitas air sungai. Berdasarkan survei yang dilakukan, hanya 60% dari warga yang disurvei yang mengetahui dampak tidak menggunakan tangki septik di rumah. Sisanya, menganggap membuang tinja langsung ke sungai tidak berpengaruh apa-apa terhadap lingkungan. Karena beberapa menganggap air sungai akan membawa tinja dan limbah cair rumah tangga menuju laut sehingga tidak ada masalah apa-apa.



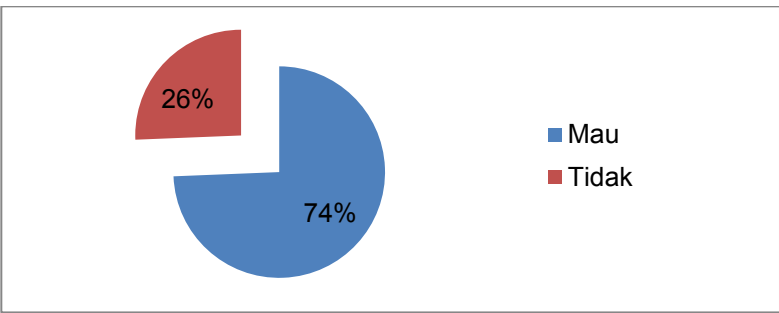
Sumber: Puskesmas Ngagel Rejo

Gambar 5. 6 Jenis Penyakit Terkait dengan Sanitasi Buruk di Puskesmas Ngagel Rejo

Penyakit seperti kolera, disentri, diare, dan malaria terjadi di pemukiman kumuh sebagai akibat dari sanitasi yang buruk dan keberadaan area berkembang biak lalat dan nyamuk (Crites & Tchobanoglous, 1998). Gambar 5.6 menunjukkan jenis penyakit dan jumlah penderita penyakit yang berkaitan dengan sanitasi antara minggu ke-31 hingga 42 tahun 2014. Data yang didapat dari Puskesmas Ngagel Rejo berdasarkan Laporan Mingguan Wabah W2 (EWARS: *Early Warning Alert and Respond System*) tahun 2014.

### C. Aspek Finansial dan Kelembagaan

Sebanyak 29 dari 40 warga RT 11 RW 7 atau 74% bersedia apabila dibangun IPAL komunal sebagai pengganti tangki septik rumah tangga. Sebagian besar warga mau berpartisipasi secara fisik saat pembangunan IPAL komunal dan berpartisipasi secara materi untuk biaya operasi dan perawatannya, asalkan biaya yang dikeluarkan tidak terlalu mahal.



Gambar 5. 7 Kemauan Warga Setempat Terhadap Adanya IPAL Komunal

#### 5.1.2 Wawancara

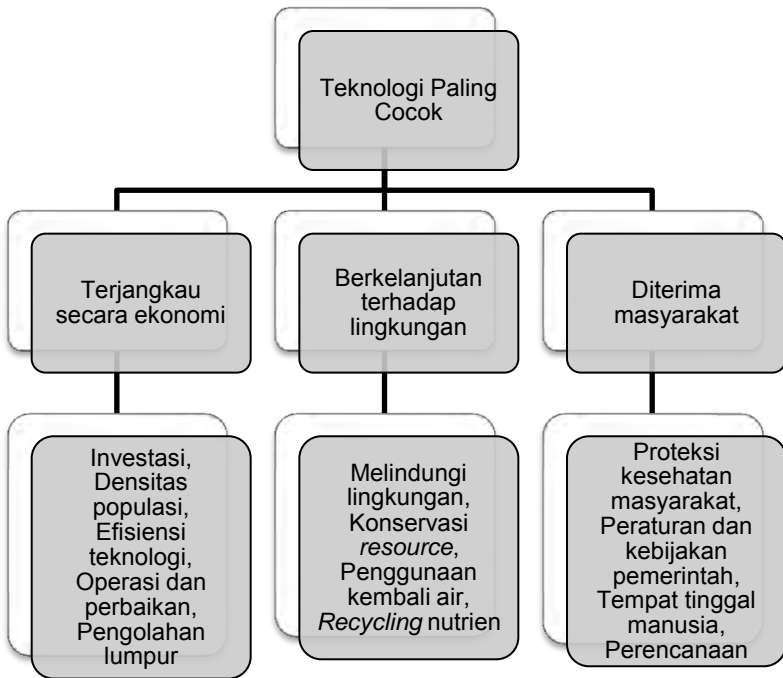
Kuisisioner dilakukan dengan metode wawancara agar dapat diketahui alasan lebih mendalam mengenai kondisi fasilitas sanitasi yang ada, alasan warga setempat tidak memiliki tangki septik, serta kesiediaan masyarakat terhadap teknologi sanitasi

yang diusulkan untuk diterapkan pada RT 11 RW 7. Beberapa warga yang diwawancarai mengaku bahwa tidak memiliki tangki septik di rumah karena alasan, antara lain:

- Keterbatasan lahan
- Keterbatasan biaya
- Tradisi dari waktu lampau
- Tidak ada warga sekitar yang memasang jadi tidak masalah
- Kotoran tinja dibuang langsung ke sungai sehingga akan terbawa arus ke laut lalu hilang
- Bukan suatu keharusan

Maka dari itu program penyediaan pengolahan air limbah komunal berbasis masyarakat diharapkan mampu menumbuhkan kesadaran lingkungan pada warga setempat serta mampu menyediakan pengolahan sistem setempat yang cocok diterapkan pada daerah perencanaan. Masyarakat seharusnya mampu untuk membiayai implementasi dari sistem, operasi dan perbaikan, termasuk perbaikan kapital yang dibutuhkan di masa yang akan datang serta perbaikan dan penggantian dalam jangka panjang (Bradley *et al.*, 2002). Di Surabaya, penyediaan IPAL komunal berbasis masyarakat telah ada sejak 2005 dengan melibatkan sektor privat dan telah membantu beberapa komunitas untuk mendapatkan sistem pengolahan air limbah komunal skala kecil (Winters, *et al.*, 2014).

Memilih teknologi yang paling pas bukan merupakan hal yang mudah, tetapi hal ini dapat mengurangi resiko masalah dan kegagalan di masa yang akan datang. Dua kunci penting dalam memilih teknologi pengolahan adalah keterjangkauan and kecocokan. (Grau, 1996). Menurut Massoud *et al.* (2009), teknologi yang paling cocok adalah teknologi yang terjangkau secara ekonomi, berkelanjutan terhadap lingkungan dan dapat diterima masyarakat.



Gambar 5. 8 Karakteristik Teknologi yang Paling Cocok

Beberapa faktor yang memengaruhi pemilihan teknologi yang paling cocok diterapkan dideskripsikan pada Gambar 5.8. Secara tradisional, operasi dan perbaikan dari IPAL komunal yang dibebankan pada pemilik rumah kadang berakibat kegagalan sistem yang diakibatkan perbaikan yang tidak sesuai. Maka dari itu diperlukan pembangunan peraturan, program, tata cara, dan institusi yang memastikan desain dan konstruksinya baik, juga operasi dan perbaikannya.

## **5.2 Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah**

### **5.2.1 Proyeksi penduduk**

Proyeksi penduduk diperlukan dalam setiap rencana pembangunan guna memperkirakan jumlah penduduk di masa yang akan datang. Selain memperhitungkan laju pertumbuhan penduduk pada masa lampau, proyeksi penduduk pada suatu daerah perencanaan juga memperhitungkan kepadatan penduduk pada daerah tersebut. Perhitungan proyeksi penduduk juga tidak mengesampingkan pertimbangan keterbatasan lahan, dimana bisa diperkirakan pertambahan jumlah penduduk akan mencapai suatu batas dimana daerah tersebut sudah tidak mampu lagi menerima pertambahan penduduk.

Jumlah penduduk RT 11 RW 7 pada tahun perencanaan (2014) adalah 240 jiwa. Jumlah ini didapat dari data di lapangan bahwa terdapat 47 KK di RT 11 RW 7 dan mengasumsikan terdapat 5 (lima) orang dalam 1 KK di Kelurahan Ngagel Rejo sesuai dengan data Kecamatan Wonokromo dalam Angka 2013 (BPS, 2013). Proyeksi penduduk tidak dilakukan pada perencanaan ini karena mengingat keterbatasan lahan dan sangat sedikit kemungkinan pertambahan penduduk terjadi pada tahun proyeksi. Sehingga jumlah penduduk pada tahun perencanaan tetap, yaitu 240 jiwa.

### **5.2.2 Perhitungan debit air limbah**

Debit air limbah yang digunakan pada perencanaan kali ini ditentukan sebesar 80% dari kebutuhan air bersih tiap penduduk 200 liter/orang.hari, dengan membandingkan kebutuhan air bersih yang tercatat di meter air serta data dari Dinas PU mengenai kebutuhan air bersih penduduk kota metropolitan ( $> 150$  liter/orang.hari). Debit air limbah domestik yang dipakai didapat dari hasil perhitungan berikut,

Pemakaian rata-rata air bersih untuk seluruh penduduk  
= jumlah penduduk x konsumsi air per orang per hari  
= 235 orang x 200 l/org.hari  
= 0.544 l/det

Kebocoran = 20% x pemakaian rata-rata

$$= 20\% \times 0.544 \text{ l/det}$$

$$= 0.109 \text{ l/det}$$

Tabel 5. 2 Debit air limbah domestik hasil perhitungan

Keterangan	Satuan	Nilai
Domestik	tahun	2036
Jumlah Penduduk	orang	235
Konsumsi Air	L/orang. Hari	200
Pemakaian rata-rata	L/detik	0.544
Kebocoran	%	20
Kebocoran	L/detik	0.109
Total pemakaian rata-rata	L/detik	0.653
Qrata-rata harian	L/hari	56400
Qhari maks (Qhm)	L/hari	145894.66
Qjam maks (Qjm)	L/jam	12690
Air Limbah yang dihasilkan		
Qave	L/detik	0.522
Qmax	L/detik	1.306
Qpeak	L/detik	2.089
Qmin	L/detik	0.042
Qinfiltrasi/inflow	L/detik	0.052

Total pemakaian rata-rata air bersih didapatkan dari jumlah pemakaian rata-rata air bersih penduduk ditambah kebocoran yang hasilnya,

$$\text{Total pemakaian rata-rata} = 0.544 \text{ l/det} + 0.109 \text{ l/det}$$

$$= 0.653 \text{ l/det}$$

maka debit air limbah yang dihasilkan,

$$Qave = 80\% \times \text{total pemakaian air bersih rata-rata}$$

$$= 80\% \times 0.653 \text{ l/det}$$

$$= 0.522 \text{ l/det}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{max} &= Q_{ave} \times f_{md} \\
 &= 0.522 \text{ l/det} \times 1.961 \text{ (Tabel 2.5)} \\
 &= 1.306 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

dari debit rata-rata yang didapat, selanjutnya ditentukan debit jam puncak yang dihitung berdasarkan faktor jam puncak menurut Crites & Tchobanoglous yang didapat pada Tabel 2.4.

$$\begin{aligned}
 Q_{peak} &= Q_{ave} \times f_p \\
 &= 0.522 \text{ l/det} \times 4 \text{ (Tabel 2.4)} \\
 &= 2.089 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{min} &= Q_{ave} \times \frac{1}{5} \times \left( \frac{\text{jumlah penduduk}}{1000} \right)^{0.2} \\
 &= 0.522 \text{ l/det} \times 0.078 \\
 &= 0.042 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Q_{infiltrasi} &= 10\% \times Q_{ave} \\
 &= 10\% \times 0.522 \text{ l/det} \\
 &= 0.052 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

Debit yang digunakan pada perencanaan jaringan penyaluran air buangan menggunakan  $Q_{peak}$  total yang didapat dari:

$$\begin{aligned}
 Q_{peak \text{ total}} &= Q_{peak} + Q_{infiltrasi} \\
 &= 2.089 \text{ l/det} + 0.052 \text{ l/det} \\
 &= 2.141 \text{ l/det}
 \end{aligned}$$

### 5.2.3 Pembebanan pipa

Air limbah dari setiap rumah tangga dialirkan melalui pipa persil, servis dan induk sebelum masuk menuju IPAL. Pipa persil diasumsikan sudah terpasang dengan memanfaatkan pipa eksisting pada wilayah perencanaan. Setiap pipa air buangan memiliki beban yang berbeda sesuai dengan jumlah rumah tangga yang dilayani. Contoh perhitungan pipa air limbah pada saluran pipa induk adalah sebagai berikut:

Pada perhitungan pembebanan alternatif II, pipa Induk B – C melayani rumah nomor 1, 2A, 2B, 3, 4A, dan 4B:

- $Q_{ave \text{ kumulatif}} = Q_{ave} \times \text{jumlah penduduk terlayani}$



$$= 0.00000194 \text{ m}^3/\text{detik} \times 30 \text{ jiwa}$$

$$= 0.0000097 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- $Q_{peak} = Q_{ave} \times \text{faktor } peak$   
(grafik fp didapat pada Gambar 2.1)  
 $= 0.00000194 \text{ m}^3/\text{detik} \times 4$   
 $= 0.000039 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Q_{infiltrasi} = 10\% \times Q_{ave}$   
 $= 10\% \times 0.00000194 \text{ m}^3/\text{detik}$   
 $= 0.000000194 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Q_{peak \text{ total}} = Q_{peak} + Q_{infiltrasi}$   
 $= 0.000039 + 0.000000194$   
 $= 0.000040 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Q_{min} = Q_{ave} \times \frac{1}{5} \times \left( \frac{\text{jumlah penduduk}}{1000} \right)^{0.2}$   
 $= 0.00000067 \text{ m}^3/\text{detik}$

Perkiraan jumlah jiwa di dalam satu rumah berdasarkan pada hasil proyeksi penduduk RT 11 RW 7 dibagi dengan total KK yang ada. Sedangkan luas masing-masing rumah didapatkan dari peta daerah perencanaan. Pada ketiga alternatif didapatkan nilai debit total yang masuk menuju IPAL adalah  $0.001829 \text{ m}^3/\text{detik}$  atau  $158.06 \text{ m}^3/\text{hari}$ .

Tabel 5. 3 Pembebanan Pipa Saluran Air Limbah Alternatif I

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		Jiwa	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
41B - u	Persil	41B	0.0000097			4	0.000039			5			
u - P	Servis			0.0000097				0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran P - O					0.0000097	4	0.000039	0.1	0.0000010	5	5	0.00000067	0.000040
41A - t"	Persil	41A	0.0000097							5			
t" - O	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
40 - t	Persil	40	0.0000097							5			
t - O	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
39 - t'	Persil	39	0.0000097							5			
t' - O	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran O - N					0.0000388	4	0.000155	0.1	0.0000039	15	20	0.00000355	0.000159
38 - s"	Persil	38	0.0000097							5			
s" - N	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
37B - s	Persil	37B	0.0000097							5			
s - N	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
37A - s'	Persil	37A&36	0.0000222							10			
s' - N	Servis			0.0000222		4	0.000089	0.1	0.0000022			0.00000177	0.000091
Total Saluran N - M					0.0000804	4	0.000322	0.1	0.0000080	20	40	0.00000845	0.000330
35 - r	Persil	35	0.0000097							5			
r - M	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
34 - r	Persil	34	0.0000097							5			
r' - M	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran M - L					0.0000998	4	0.000399	0.1	0.0000100	10	50	0.00001096	0.000409
32 - q'	Persil	32	0.0000097							5			
q' - L	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
WC - q	Persil	WC	0.0000097							5			
q - L	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
31 - p	Persil	31	0.0000097							5			
p - L	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
30 - p'	Persil	30 A&B	0.0000222							10			
p' - L	Servis			0.0000222		4	0.000089	0.1	0.0000022			0.00000177	0.000091
Total Saluran L - K					0.0001511	4	0.000604	0.1	0.0000151	25	75	0.00001800	0.000620
29 - o'	Persil	29	0.0000097							5			
o' - K	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
28 - o	Persil	28	0.0000097							5			
o - K	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
27 - n	Persil	27 A&B	0.0000222							10			
n - K	Servis			0.0000222		4	0.000089	0.1	0.0000022			0.00000177	0.000091
26 - n'	Persil	26	0.0000097							5			
n' - K	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran K - J					0.0002024	4	0.000810	0.1	0.0000202	25	100	0.00002554	0.000830
25 - m	Persil	25	0.0000097			4	0.000039			5			
m - J	Servis			0.0000097				0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran J - I					0.0002121	4	0.000848	0.1	0.0000212	5	105	0.00002703	0.000870
22 - l'	Persil	22	0.0000097							5			
l' - I	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
23 - l	Persil	23	0.0000097							5			
l - I	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
24 - l''	Persil	24	0.0000097							5			
l'' - I	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m³/detik)	(m³/detik)	(m³/detik)		(m³/detik)		(m³/detik)	(m³/detik)	Jiwa	Jiwa	(m³/detik)
Total Saluran I - H					0.0002412	4	0.000965	0.1	0.0000241	15	120	0.00003157	0.000989
20 - k'	Persil	20	0.0000097							5			
k' - H	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
21 - k	Persil	21	0.0000097							5			
k - H	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran H - G					0.0002606	4	0.001042	0.1	0.0000261	10	130	0.00004947	0.001068
19 - j	Persil	19	0.0000097			4	0.000039			5			
j - G	Servis			0.0000097				0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran G - F					0.0002703	4	0.001081	0.1	0.0000270	5	135	0.00004880	0.001108
15 - i	Persil	15	0.0000097							5			
i - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
16 - i'	Persil	16	0.0000097							5			
i' - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
17 - i''	Persil	17	0.0000097							5			
i'' - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
18 - i'''	Persil	18	0.0000097							5			
i''' - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran F - E					0.0003091	4	0.001236	0.1	0.0000309	20	155	0.00004813	0.001267
10 - h'	Persil	10	0.0000097							5			
h' - E	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
11 - h	Persil	11	0.0000097							5			
h - E	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
12 - h''	Persil	12	0.0000097							5			
h'' - E	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran E - D					0.0003382	4	0.001353	0.1	0.0000338	15	170	0.00004746	0.001387

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
7 - g'	Persil	7	0.0000097							5			
g' - D	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
8 - g	Persil	8	0.0000097							5			
g - D	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran D - C					0.0003576	4	0.001430	0.1	0.0000358	10	180	0.00005076	0.001466
5A - e'	Persil	5A	0.0000097							5			
e' - C	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
5B - e	Persil	5B	0.0000097							5			
e - C	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
6 - F	Persil	6 A&B	0.0000222							10			
f - C	Servis			0.0000222		4	0.000089	0.1	0.0000022			0.00000177	0.000091
Total Saluran C - B					0.0003992	4	0.001597	0.1	0.0000399	20	200	0.00005787	0.001637
2 - b	Persil	2 A&B	0.0000222							10			
b - B	Servis			0.0000222		4	0.000089	0.1	0.0000022			0.00000177	0.000091
3 - c	Persil	3	0.0000097							5			
c - B	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
4 - d	Persil	4 A&B	0.0000222							10			
d - B	Servis			0.0000222		4	0.000089	0.1	0.0000022			0.00000177	0.000091
Total Saluran B - A					0.0004533	4	0.001813	0.1	0.0000453	25	225	0.00006727	0.001859
1 - a	Persil	1	0.0000097			4	0.000039			5			
a - A	Servis			0.0000097				0.1	0.0000010			0.00000067	0.000040
Total Saluran A - IPAL					0.0004630	4	0.001852	0.1	0.0000463	5	230	0.00006902	0.001898

Tabel 5. 4 Pembebanan Pipa Saluran Air Limbah Alternatif II

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		Jiwa	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
1 - a	Persil	1	0.0000097			4	0.000039			5			
a - A	Servis			0.0000097				0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran A - B					0.0000097	4	0.000039	0.1	0.00000097	5	5	0.00000067	0.000040
2 - b	Persil	2 A&B	0.0000194							10			
b - B	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
3 - c	Persil	3	0.0000097							5			
c - B	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
4 - d	Persil	4 A&B	0.0000194							10			
d - B	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
Total Saluran B - C					0.0000582	4	0.000233	0.1	0.00000582	25	30	0.00000577	0.000239
5A - e'	Persil	5A	0.0000097							5			
e' - C	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
5B - e	Persil	5B	0.0000097							5			
e - C	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
6 - F	Persil	6 A&B	0.0000194							10			
f - C	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
Total Saluran C - D					0.0000970	4	0.000388	0.1	0.00000970	20	50	0.00001066	0.000398
7 - g'	Persil	7	0.0000097							5			
g' - D	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
8 - g	Persil	8	0.0000097							5			
g - D	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran D - E					0.0001164	4	0.000466	0.1	0.00001164	10	60	0.00001133	0.000477
10 - h'	Persil	10	0.0000097							5			
h' - E	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
11 - h	Persil	11	0.0000097							5			
h - E	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
12 - h"	Persil	12	0.0000097							5			
h" - E	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran E - F					0.0001455	4	0.000582	0.1	0.00001455	15	75	0.00001733	0.000597
15 - i	Persil	15	0.0000097							5			
i - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
16 - i'	Persil	16	0.0000097							5			
i' - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
17 - i"	Persil	17	0.0000097							5			
i" - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
18 - i'''	Persil	18	0.0000097							5			
i''' - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran F - G					0.0001843	4	0.000737	0.1	0.00001843	20	95	0.00001801	0.000756
19 - j	Persil	19	0.0000097			4	0.000039			5			
j - G	Servis			0.0000097				0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran G - H					0.0001940	4	0.000776	0.1	0.00001940	5	100	0.00001868	0.000795
20 - k'	Persil	20	0.0000097							5			
k' - H	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
21 - k	Persil	21	0.0000097							5			
k - H	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran H - I					0.0002134	4	0.000854	0.1	0.00002134	10	110	0.00001935	0.000875
22 - l'	Persil	22	0.0000097							5			
l' - I	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
23 - l	Persil	23	0.0000097							5			
l - I	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
24 - I"	Persil	24	0.0000097							5			
I" - I	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran I - J					0.0002425	4	0.000970	0.1	0.00002425	15	125	0.00003200	0.000994
25 - m	Persil	25	0.0000097			4	0.000039			5			
m - J	Servis			0.0000097				0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran J - Z					0.0002522	4	0.001009	0.1	0.00002522	5	130	0.00003267	0.001034

41B - u	Persil	41B	0.0000097			4	0.000039			5			
u - P	Servis			0.0000097				0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran P - O					0.0000097	4	0.000039	0.1	0.00000097	5	5	0.00000067	0.000040
41A - t"	Persil	41A	0.0000097							5			
t" - O	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
40 - t	Persil	40	0.0000097							5			
t - O	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
39 - t'	Persil	39	0.0000097							5			
t' - O	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran O - N					0.0000388	4	0.000155	0.1	0.00000388	15	20	0.00000355	0.000159
38 - s"	Persil	38	0.0000097							5			
s" - N	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
37B - s	Persil	37B	0.0000097							5			
s - N	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
37A - s'	Persil	37A&36	0.0000194							10			
s' - N	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
Total Saluran N - M					0.0000776	4	0.000310	0.1	0.00000776	20	40	0.00000815	0.000318
35 - r	Persil	35	0.0000097							5			
r - M	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040



Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
34 - r	Persil	34	0.0000097							5			
r' - M	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran M - L					0.0000970	4	0.000388	0.1	0.00000970	10	50	0.00000883	0.000398
32 - q'	Persil	32	0.0000097							5			
q' - L	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
WC - q	Persil	WC	0.0000097							5			
q - L	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
31 - p	Persil	31	0.0000097							5			
p - L	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
30 - p'	Persil	30 A&B	0.0000194							10			
p' - L	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
Total Saluran L - K					0.0001455	4	0.000582	0.1	0.00001455	25	75	0.00001037	0.000597
29 - o'	Persil	29	0.0000097							5			
o' - K	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
28 - o	Persil	28	0.0000097							5			
o - K	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
27 - n	Persil	27 A&B	0.0000194							10			
n - K	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
26 - n'	Persil	26	0.0000097							5			
n' - K	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran K - Z					0.0001940	4	0.000776	0.1	0.00001940	25	100	0.00001104	0.000795
Z - IPAL	Induk				0.0004462	4	0.001785	0.1	0.00004462		230	0.00006651	0.001829

Tabel 5. 5 Pembebanan Pipa Saluran Air Limbah Alternatif III

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		Jiwa	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
1 - a	Persil	1	0.0000097			4	0.000039			5			
a - A	Servis			0.0000097				0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran A - B					0.0000097	4	0.000039	0.1	0.00000097	5	5	0.00000067	0.000040
2 - b	Persil	2 A&B	0.0000194							10			
b - B	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
3 - c	Persil	3	0.0000097							5			
c - B	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
4 - d	Persil	4 A&B	0.0000194							10			
d - B	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
Total Saluran B - C					0.0000582	4	0.000233	0.1	0.00000582	25	30	0.00000577	0.000239
5A - e'	Persil	5A	0.0000097							5			
e' - C	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
5B - e	Persil	5B	0.0000097							5			
e - C	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
6 - F	Persil	6 A&B	0.0000194							10			
f - C	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
Total Saluran C - D					0.0000970	4	0.000388	0.1	0.00000970	20	50	0.00001066	0.000398
7 - g'	Persil	7	0.0000097							5			
g' - D	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
8 - g	Persil	8	0.0000097							5			
g - D	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran D - E					0.0001164	4	0.000466	0.1	0.00001164	10	60	0.00001133	0.000477
10 - h'	Persil	10	0.0000097							5			
h' - E	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
11 - h	Persil	11	0.0000097							5			
h - E	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
12 - h"	Persil	12	0.0000097							5			
h" - E	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran E - F					0.0001455	4	0.000582	0.1	0.00001455	15	75	0.00001733	0.000597
15 - i	Persil	15	0.0000097							5			
i - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
16 - i'	Persil	16	0.0000097							5			
i' - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
17 - i"	Persil	17	0.0000097							5			
i" - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
18 - i'''	Persil	18	0.0000097							5			
i''' - F	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran F - G					0.0001843	4	0.000737	0.1	0.00001843	20	95	0.00001801	0.000756
19 - j	Persil	19	0.0000097			4	0.000039			5			
j - G	Servis			0.0000097				0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran G - H					0.0001940	4	0.000776	0.1	0.00001940	5	100	0.00001868	0.000795
20 - k'	Persil	20	0.0000097							5			
k' - H	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
21 - k	Persil	21	0.0000097							5			
k - H	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran H - I					0.0002134	4	0.000854	0.1	0.00002134	10	110	0.00001935	0.000875
22 - l'	Persil	22	0.0000097							5			
l' - I	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
23 - l	Persil	23	0.0000097							5			
l - I	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)	Jiwa	Jiwa	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
24 - l"	Persil	24	0.0000097							5			
l" - l	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran l - J					0.0002425	4	0.000970	0.1	0.00002425	15	125	0.00003200	0.000994
25 - m	Persil	25	0.0000097			4	0.000039			5			
m - J	Servis			0.0000097				0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran J - K					0.0002522	4	0.001009	0.1	0.00002522	5	130	0.00003354	0.001034
29 - o'	Persil	29	0.0000097							5			
o' - K	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
28 - o	Persil	28	0.0000097							5			
o - K	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
27 - n	Persil	27 A&B	0.0000194							10			
n - K	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
26 - n'	Persil	26	0.0000097							5			
n' - K	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran K - L					0.0003007	4	0.001203	0.1	0.00003007	25	155	0.00004142	0.001233
WC - p"	Persil	WC	0.0000097							5			
p" - L	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
31 - p	Persil	31	0.0000097							5			
p - L	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
30 - p'	Persil	30 A&B	0.0000194							10			
p' - L	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
Total Saluran L - Z					0.0003395	4	0.001358	0.1	0.00003395	20	175	0.00004792	0.001392
41B - u	Persil	41B	0.0000097			4	0.000039			5			
u - P	Servis			0.0000097				0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran P - O					0.0000097	4	3.88E-05	0.1	0.00000097	5	5	0.00000067	0.000040

Saluran	Jenis Saluran	Nomor Rumah	Q Average	Q Average Per Saluran	Q Average Kumulatif	Faktor Peak	Q Peak	Faktor Infiltrasi	Q Infiltrasi	Jumlah Penduduk	Jumlah Penduduk Kumulatif	Q Min	Q Peak Total
			(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)		(m <sup>3</sup> /detik)	Jiwa	Jiwa	(m <sup>3</sup> /detik)	(m <sup>3</sup> /detik)
41A - t"	Persil	41A	0.0000097							5			
t" - O	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
40 - t	Persil	40	0.0000097							5			
t - O	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
39 - t'	Persil	39	0.0000097							5			
t' - O	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran O - N					0.0000388	4	0.000155	0.1	0.00000388	15	20	0.00000355	0.000159
38 - s"	Persil	38	0.0000097							5			
s" - N	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
37B - s	Persil	37B	0.0000097							5			
s - N	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
37A - s'	Persil	37A&36	0.0000194							10			
s' - N	Servis			0.0000194		4	0.000078	0.1	0.00000194			0.00000154	0.000080
Total Saluran N - M					0.0000776	4	0.000310	0.1	0.00000776	20	40	0.00000815	0.000318
35 - r	Persil	35	0.0000097							5			
r - M	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
34 - r	Persil	34	0.0000097							5			
r' - M	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran M - Z					0.0000970	4	0.000388	0.1	0.00000970	10	50	0.00001066	0.000398

32 - q	Persil	32	0.0000097							5			
q - Z	Servis			0.0000097		4	0.000039	0.1	0.00000097			0.00000067	0.000040
Total Saluran q - Z					0.0000097	4	0.000039	0.1	0.00000097	5	5	0.00000067	0.000040
Z - IPAL	Induk				0.0004462	4	0.001785	0.1	0.00004462		230	0.00006651	0.001829

#### 5.2.4 Perhitungan diameter pipa

Perhitungan dimensi pipa air limbah diperlukan untuk menyediakan kecepatan aliran dalam pipa yang lebih besar dari kecepatan minimum yang dipersyaratkan (0.6 m/detik) dan kecepatan maksimum sebesar 3 m/s (Metcalf & Eddy, 1981). Kecepatan minimum digunakan untuk menghindari adanya endapan dalam pipa, sedangkan kecepatan maksimum untuk menghindari gesekan yang berlebihan dalam pipa sehingga mengakibatkan kerusakan. Apabila kecepatan minimum tidak tercapai, maka diperlukan debit penggelontoran yang diperlukan untuk menggelontor air dan mencegah endapan yang ada di dalam pipa air limbah.

Perhitungan dimensi pipa air limbah pada pipa induk adalah sebagai berikut,

Contoh perhitungan diameter pipa servis a – A pada alternatif II:

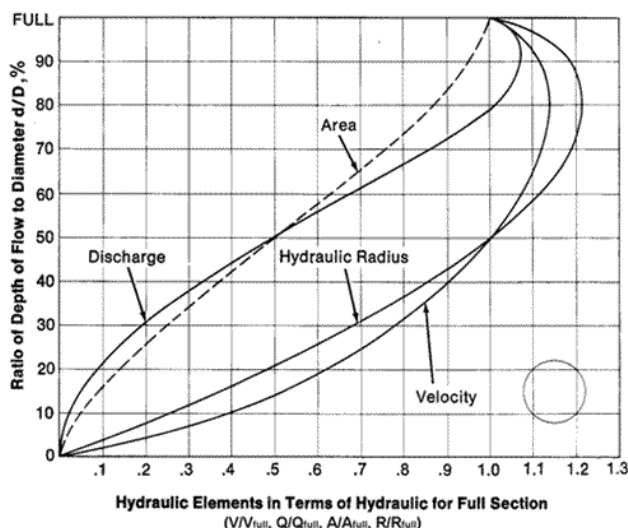
- $Q_{min} = 0.00000067 \text{ m}^3/\text{detik}$
- $Q_{peak \text{ total}} = 0.000040 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Panjang pipa (L) = 1.9 m

Debit yang didapat dari perhitungan pembebanan,  $Q_{min}$  dan  $Q_{peak \text{ total}}$ , dipakai sebagai perhitungan dalam menentukan diameter pipa. Selanjutnya ditentukan nilai  $d/D$  yaitu 0.8. Nilai ini merupakan rasio kedalaman air limbah yang proporsional untuk memastikan kondisi dimana ketika minimum akan terdapat kecepatan yang cukup untuk mencegah deposisi padatan dan ketika maksimum dapat menyediakan ventilasi udara yang cukup untuk gas yang tercipta dalam pipa air limbah (Mara *et al.*, 2001). Dalam saluran sederhana, nilai  $d/D$  biasanya berada diantara  $0.2 < d/D < 0.8$ . Nilai  $d/D$  lalu diplot pada elemen hidraulik untuk mendapatkan rasio  $Q_p/Q_f$ .

- $d/D = 0.8 \rightarrow Q_p/Q_f = 0.850$
- $Q_{full} = Q_p/Q_f \times Q_{peak \text{ total}}$   
 $= 0.850 \times 0.000040 \text{ m}^3/\text{detik}$   
 $= 0.000047 \text{ m}^3/\text{detik}$

Untuk menghitung diameter pipa diperlukan nilai koefisien kekasaran pipa  $n$  dan  $slope$  yang ditentukan berdasarkan kriteria perencanaan. Nilai  $n$  Manning yang dipilih adalah 0.013. Menurut Metcalf & Eddy

(1981), nilai  $n$  Manning 0.013 digunakan untuk menganalisa pipa penyaluran air limbah yang sudah ada dan terbangun dengan baik serta untuk mendesain saluran air limbah baru. Sedangkan nilai  $n$  Manning 0.015 digunakan untuk menganalisa saluran air limbah lama yang telah ada. Kemiringan atau *slope* pipa minimal diperlukan agar didalam pengoperasian sistem penyaluran air limbah diperoleh kecepatan pengaliran minimal dengan daya pembilasan sendiri (*self cleansing*) guna mengurangi gangguan endapan di dasar pipa (KemenPU, 2013).



Gambar 5. 9 Grafik Elemen Hidraulik

Kemiringan pipa untuk pipa servis adalah 1 – 2% dan untuk pipa induk (utama) adalah 0.4 – 1%. Karena kemiringan muka tanah tidak memenuhi untuk dijadikan perhitungan, maka *slope* yang digunakan adalah *slope* pipa.

- Koefisien kekasaran pipa ( $n$ ) = 0.013
- Slope ( $s$ ) = 0.020
- Diameter pipa =  $\left( \frac{Q_{full} \times n}{0.3117 \times s^{1/2}} \right)^{0.375}$

$$\begin{aligned}
&= \left( \frac{0.000047 \times 0.013}{0.3117 \times 0.02^{1/2}} \right)^{0.375} \\
&= 0.015 \text{ m} \\
&= 15 \text{ mm}
\end{aligned}$$

Karena diameter yang didapat dari perhitungan sangat kecil, maka diameter yang dipilih adalah berdasarkan desain kriteria yang dimiliki KemenPU, yakni untuk pipa servis adalah 4" – 6". Diameter dalam untuk pipa air limbah 4" Wavin standar AW adalah 109.90 mm. Selanjutnya dicek Qfull ketika diameter yang terpilih berbeda dengan diameter hasil perhitungan.

- D terpilih = 109.90 mm = 0.110 m
- Qfull cek =  $\frac{0.3117 \times D^{2.667} \times s^{1/2}}{n}$   
 $= \frac{0.3117 \times 0.110^{2.667} \times 0.02^{1/2}}{0.013}$   
 $= 0.009390 \text{ m}^3/\text{detik}$
- Qmin/Qfull cek =  $\frac{0.00000067 \text{ m}^3/\text{detik}}{0.009390 \text{ m}^3/\text{detik}}$   
 $= 0.000049$
- $d_{\min} / D_{\text{full cek}} = 0.05$  (didapat dari elemen hidraulik)
- $V_{\min} / V_{\text{full cek}} = 0.20$  (didapat dari elemen hidraulik)
- $V_{\text{full cek}} = \frac{Q_{\text{full cek}}}{\frac{1}{4} \times \pi \times D^2}$   
 $= \frac{0.009390 \text{ m}^3/\text{detik}}{\frac{1}{4} \times 3.14 \times 0.110^2}$   
 $= 0.99 \text{ m/detik}$
- $V_{\min} = V_{\min} / V_{\text{full cek}} \times V_{\text{full cek}}$   
 $= 0.20 \times 0.99 \text{ m/detik}$   
 $= 0.20 \text{ m/detik}$

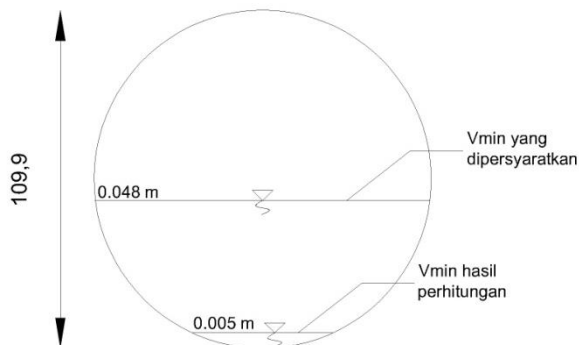
Kecepatan minimum digunakan untuk mengalirkan padatan yang mungkin terdeposisi selama periode debit minimum. Kecepatan minimum yang dipersyaratkan sesuai desain kriteria adalah 0.6 m/detik. Namun, pada perencanaan ini kecepatan tersebut tidak didapatkan. Maka dari itu diperlukan penggelontoran untuk mencegah padatan tertinggal di dalam pipa penyaluran air limbah.



Pada saat kondisi kecepatan minimum (0.20 m/detik), tinggi air yang ada dalam pipa adalah 0.005 m. Sedangkan pada kondisi kecepatan minimum yang dipersyaratkan (0.6 m/detik), tinggi air seharusnya adalah 0.048 m. Maka untuk mencapai tinggi air 0.048 m diperlukan sejumlah air untuk menggelontor untuk mencegah deposisi solid. Jumlah air yang dibutuhkan didapat dari selisih volume air ketika kecepatan minimum yang dipersyaratkan dengan kecepatan minimum hasil perhitungan.

$$\begin{aligned} \text{➤ } h_{\min} &= d_{\min} / D_{\text{full cek}} \times D \text{ terpilih} \\ &= 0.05 \times 0.110 \text{ m} \\ &= 0.005 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{➤ } h_{\min} \text{ yang dipersyaratkan} = 0.048 \text{ m}$$



Gambar 5. 10 Ilustri Ketinggian Air dalam Pipa saat Vmin dan Vmin yang Dipersyaratkan

$$\begin{aligned} \text{➤ } \Delta A \text{ gelontor} &= \left( \frac{1}{2} \times \pi \times h_{\min \text{ syarat}}^2 \right) - \left( \frac{1}{2} \times \pi \times h_{\min}^2 \right) \\ &= \left( \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.048^2 \right) - \left( \frac{1}{2} \times 3.14 \times 0.005^2 \right) \\ &= 0.0036 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{➤ } \text{Volume gelontor} &= \Delta A \text{ gelontor} \times L \\ &= 0.0036 \text{ m}^2 \times 1.9 \text{ m} \\ &= 0.007 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Tabel 5. 6 Dimensi Pipa Servis Alternatif I

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
1	u - P	Servis	0.00000067	0.000040	2.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.40	5.40	0.00	0.020
2	t" - O	Servis	0.00000067	0.000040	4.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
3	t - O	Servis	0.00000067	0.000040	1.60	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
4	t' - O	Servis	0.00000067	0.000040	6.10	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
5	s" - N	Servis	0.00000067	0.000040	5.70	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.15	5.15	0.00	0.020
6	s - N	Servis	0.00000067	0.000040	1.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.15	5.15	0.00	0.020
7	s' - N	Servis	0.00000154	0.000080	5.40	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.15	5.15	0.00	0.020
8	r - M	Servis	0.00000067	0.000040	2.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.05	5.05	0.00	0.020
9	r' - M	Servis	0.00000067	0.000040	2.60	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.05	5.05	0.00	0.020
10	q' - L	Servis	0.00000067	0.000040	9.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
11	q - L	Servis	0.00000067	0.000040	5.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
12	p - L	Servis	0.00000067	0.000040	0.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
13	p' - L	Servis	0.00000154	0.000080	5.00	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
14	o' - K	Servis	0.00000067	0.000040	9.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
15	o - K	Servis	0.00000067	0.000040	5.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
16	n - K	Servis	0.00000154	0.000080	0.70	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
17	n' - K	Servis	0.00000067	0.000040	4.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
18	m - J	Servis	0.00000067	0.000040	1.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
19	l' - I	Servis	0.00000067	0.000040	7.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
20	l - I	Servis	0.00000067	0.000040	2.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
21	l" - I	Servis	0.00000067	0.000040	3.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
22	k' - H	Servis	0.00000067	0.000040	4.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
23	k - H	Servis	0.00000067	0.000040	4.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
24	j - G	Servis	0.00000067	0.000040	2.70	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
25	i - F	Servis	0.00000067	0.000040	7.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
26	i' - F	Servis	0.00000067	0.000040	4.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m3/detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
27	i" - F	Servis	0.00000067	0.000040	4.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
28	i''' - F	Servis	0.00000067	0.000040	7.30	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
29	h' - E	Servis	0.00000067	0.000040	6.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.70	5.70	0.00	0.020
30	h - E	Servis	0.00000067	0.000040	3.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.70	5.70	0.00	0.020
31	h" - E	Servis	0.00000067	0.000040	4.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.70	5.70	0.00	0.020
32	g' - D	Servis	0.00000067	0.000040	2.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	6.00	6.00	0.00	0.020
33	g - D	Servis	0.00000067	0.000040	2.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	6.00	6.00	0.00	0.020
34	e' - C	Servis	0.00000067	0.000040	2.70	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
35	e - C	Servis	0.00000067	0.000040	1.30	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
36	f - C	Servis	0.00000154	0.000080	4.80	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
37	b - B	Servis	0.00000154	0.000080	9.60	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
38	c - B	Servis	0.00000067	0.000040	1.60	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
39	d - B	Servis	0.00000154	0.000080	3.50	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
40	a - A	Servis	0.00000067	0.000040	1.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.25	5.25	0.00	0.020

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m3/detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
1	P - O	Induk	0.00000067	0.000040	11.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.40	5.30	0.009	0.010
2	O - N	Induk	0.00000355	0.000159	14.60	0.80	0.850	0.000187	0.013	5.30	5.15	0.010	0.010
3	N - M	Induk	0.00000815	0.000318	16.30	0.80	0.850	0.000374	0.013	5.15	5.05	0.006	0.010
4	M - L	Induk	0.00001096	0.000409	20.30	0.80	0.850	0.000481	0.013	5.05	5.00	0.002	0.010
5	L - K	Induk	0.00001800	0.000620	19.00	0.80	0.850	0.000729	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
6	K - J	Induk	0.00002554	0.000830	13.30	0.80	0.850	0.000976	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
7	J - I	Induk	0.00002703	0.000870	9.90	0.80	0.850	0.001023	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
8	I - H	Induk	0.00003157	0.000989	15.60	0.80	0.850	0.001163	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
9	H - G	Induk	0.00004947	0.001068	7.30	0.80	0.850	0.001257	0.013	5.00	5.10	-0.014	0.010
10	G - F	Induk	0.00004880	0.001108	12.70	0.80	0.850	0.001304	0.013	5.10	5.30	-0.016	0.010

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
11	F - E	Induk	0.00004813	0.001267	20.90	0.80	0.850	0.001491	0.013	5.30	5.70	-0.019	0.010
12	E - D	Induk	0.00004746	0.001387	19.80	0.80	0.850	0.001631	0.013	5.70	6.00	-0.015	0.010
13	D - C	Induk	0.00005076	0.001466	14.00	0.80	0.850	0.001725	0.013	6.00	5.00	0.071	0.010
14	C - B	Induk	0.00005787	0.001637	10.00	0.80	0.850	0.001926	0.013	5.00	5.10	-0.010	0.010
15	B - A	Induk	0.00006727	0.001859	16.00	0.80	0.850	0.002187	0.013	5.10	5.25	-0.009	0.010
16	A - IPAL	Induk	0.00006902	0.001898	2.00	0.80	0.850	0.002233	0.013	5.25	5.00	0.125	0.010

Tabel 5.6 Dimensi Pipa Servis Alternatif I (lanjutan)

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full cek	d min/ D full cek	Vmin / Vfull cek	V full cek (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
1	u - P	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
2	t" - O	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
3	t - O	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
4	t' - O	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
5	s" - N	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
6	s - N	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
7	s' - N	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000164	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
8	r - M	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
9	r' - M	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
10	q' - L	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
11	q - L	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
12	p - L	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
13	p' - L	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000164	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
14	o' - K	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
15	o - K	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
16	n - K	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000164	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
17	n' - K	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full cek	d min/ D full cek	Vmin / Vfull cek	V full cek (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
18	m - J	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
19	l' - l	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
20	l - l	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
21	l" - l	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
22	k' - H	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
23	k - H	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
24	j - G	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
25	i - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
26	i' - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
27	i" - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
28	i''' - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
29	h' - E	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
30	h - E	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
31	h" - E	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
32	g' - D	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
33	g - D	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
34	e' - C	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
35	e - C	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
36	f - C	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000164	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
37	b - B	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000164	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
38	c - B	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
39	d - B	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000164	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
40	a - A	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009399	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full	d min/ D full	Vmin / Vfull	V full (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
1	P - O	Induk	0.017	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.000037	0.05	0.20	0.90	0.18	0.0022
2	O - N	Induk	0.029	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.000197	0.05	0.20	0.90	0.18	0.0088

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full cek	d min/ D full cek	Vmin / Vfull cek	V full cek (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
3	N - M	Induk	0.037	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.000454	0.05	0.20	0.90	0.18	0.0177
4	M - L	Induk	0.041	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.000610	0.05	0.20	0.90	0.18	0.0228
5	L - K	Induk	0.048	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.001001	0.05	0.20	0.90	0.18	0.0345
6	K - J	Induk	0.054	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.001421	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0462
7	J - I	Induk	0.054	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.001504	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0484
8	I - H	Induk	0.057	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.001756	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0550
9	H - G	Induk	0.059	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.002752	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0594
10	G - F	Induk	0.060	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.002715	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0616
11	F - E	Induk	0.063	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.002677	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0705
12	E - D	Induk	0.065	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.002640	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0771
13	D - C	Induk	0.066	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.002823	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0816
14	C - B	Induk	0.069	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.003219	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0910
15	B - A	Induk	0.072	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.003742	0.05	0.22	0.90	0.20	0.1034
16	A - IPAL	Induk	0.073	159.60	0.006	0.010	0.017976	0.003839	0.07	0.25	0.90	0.22	0.1056

Tabel 5.6 Dimensi Pipa Servis Alternatif I (lanjutan)

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d /D min. Velo	hair min. Velo (m)	ΔA gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
1	u - P	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.008	600	0.00001
2	t" - O	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.017	600	0.00003
3	t - O	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.006	600	0.00001
4	t' - O	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.022	600	0.00004
5	s" - N	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.021	600	0.00003
6	s - N	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.005	600	0.00001
7	s' - N	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.020	600	0.00003
8	r - M	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.011	600	0.00002
9	r' - M	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d / D min. Velo	hair min. Velo (m)	ΔA gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
10	q' - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.033	600	0.00005
11	q - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.021	600	0.00004
12	p - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.003	600	0.00000
13	p' - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.018	600	0.00003
14	o' - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.034	600	0.00006
15	o - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.019	600	0.00003
16	n - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.003	600	0.00000
17	n' - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.017	600	0.00003
18	m - J	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.007	600	0.00001
19	l' - I	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.025	600	0.00004
20	l - I	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00001
21	l" - I	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.012	600	0.00002
22	k' - H	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.014	600	0.00002
23	k - H	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.014	600	0.00002
24	j - G	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.010	600	0.00002
25	i - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.029	600	0.00005
26	i' - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.015	600	0.00003
27	i" - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.014	600	0.00002
28	i''' - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.026	600	0.00004
29	h' - E	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.022	600	0.00004
30	h - E	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.012	600	0.00002
31	h" - E	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.016	600	0.00003
32	g' - D	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002
33	g - D	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002
34	e' - C	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.010	600	0.00002
35	e - C	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.005	600	0.00001
36	f - C	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.017	600	0.00003

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d /D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
37	b - B	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.035	600	0.00006
38	c - B	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.006	600	0.00001
39	d - B	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.013	600	0.00002
40	a - A	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.007	600	0.00001

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d /D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
1	P - O	Induk	0.07	0.25	0.22	0.008	0.010	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.084	600	0.00014
2	O - N	Induk	0.07	0.25	0.22	0.008	0.010	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.112	600	0.00019
3	N - M	Induk	0.10	0.33	0.30	0.008	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.125	600	0.00021
4	M - L	Induk	0.10	0.33	0.30	0.008	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.155	600	0.00026
5	L - K	Induk	0.10	0.33	0.30	0.008	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.145	600	0.00024
6	K - J	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.100	600	0.00017
7	J - I	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.075	600	0.00012
8	I - H	Induk	0.15	0.42	0.38	0.011	0.024	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.118	600	0.00020
9	H - G	Induk	0.15	0.42	0.38	0.011	0.024	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.055	600	0.00009
10	G - F	Induk	0.15	0.42	0.38	0.011	0.024	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.096	600	0.00016
11	F - E	Induk	0.20	0.50	0.45	0.011	0.032	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.158	600	0.00026
12	E - D	Induk	0.20	0.50	0.45	0.011	0.032	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.149	600	0.00025
13	D - C	Induk	0.20	0.50	0.45	0.011	0.032	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.106	600	0.00018
14	C - B	Induk	0.20	0.50	0.45	0.011	0.032	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.075	600	0.00013
15	B - A	Induk	0.20	0.50	0.45	0.008	0.032	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.122	600	0.00020
16	A - IPAL	Induk	0.20	0.50	0.45	0.011	0.032	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.015	600	0.00003



Tabel 5. 7 Dimensi Pipa Servis Alternatif II

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
1	a - A	Servis	0.00000067	0.000040	1.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.25	5.25	0.00	0.020
2	b - B	Servis	0.00000154	0.000080	9.60	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
3	c - B	Servis	0.00000067	0.000040	1.60	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
4	d - B	Servis	0.00000154	0.000080	3.50	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
5	e' - C	Servis	0.00000067	0.000040	2.70	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
6	e - C	Servis	0.00000067	0.000040	1.30	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
7	f - C	Servis	0.00000154	0.000080	4.80	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
8	g' - D	Servis	0.00000067	0.000040	2.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	6.00	6.00	0.00	0.020
9	g - D	Servis	0.00000067	0.000040	2.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	6.00	6.00	0.00	0.020
10	h' - E	Servis	0.00000067	0.000040	6.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.70	5.70	0.00	0.020
11	h - E	Servis	0.00000067	0.000040	3.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.70	5.70	0.00	0.020
12	h" - E	Servis	0.00000067	0.000040	4.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.70	5.70	0.00	0.020
13	i - F	Servis	0.00000067	0.000040	7.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
14	i' - F	Servis	0.00000067	0.000040	4.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
15	i" - F	Servis	0.00000067	0.000040	4.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
16	i''' - F	Servis	0.00000067	0.000040	7.30	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
17	j - G	Servis	0.00000067	0.000040	2.70	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
18	k' - H	Servis	0.00000067	0.000040	4.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
19	k - H	Servis	0.00000067	0.000040	4.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
20	l' - I	Servis	0.00000067	0.000040	7.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
21	l - I	Servis	0.00000067	0.000040	2.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
22	l" - I	Servis	0.00000067	0.000040	3.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
23	m - J	Servis	0.00000067	0.000040	1.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
24	u - P	Servis	0.00000067	0.000040	2.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.40	5.40	0.00	0.020
25	t" - O	Servis	0.00000067	0.000040	4.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
26	t - O	Servis	0.00000067	0.000040	1.60	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
27	t' - O	Servis	0.00000067	0.000040	6.10	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
28	s" - N	Servis	0.00000067	0.000040	5.70	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.15	5.15	0.00	0.020
29	s - N	Servis	0.00000067	0.000040	1.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.15	5.15	0.00	0.020
30	s' - N	Servis	0.00000154	0.000080	5.40	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.15	5.15	0.00	0.020
31	r - M	Servis	0.00000067	0.000040	2.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.05	5.05	0.00	0.020
32	r' - M	Servis	0.00000067	0.000040	2.60	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.05	5.05	0.00	0.020
33	q' - L	Servis	0.00000067	0.000040	9.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
34	q - L	Servis	0.00000067	0.000040	5.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
35	p - L	Servis	0.00000067	0.000040	0.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
36	p' - L	Servis	0.00000154	0.000080	5.00	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
37	o' - K	Servis	0.00000067	0.000040	9.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
38	o - K	Servis	0.00000067	0.000040	5.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
39	n - K	Servis	0.00000154	0.000080	0.70	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
40	n' - K	Servis	0.00000067	0.000040	4.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
1	A - B	Induk	0.00000067	0.000040	16.00	0.60	0.550	0.000072	0.013	5.25	5.10	0.009	0.010
2	B - C	Induk	0.00000577	0.000239	10.00	0.60	0.550	0.000434	0.013	5.10	5.00	0.010	0.010
3	C - D	Induk	0.00001066	0.000398	14.00	0.60	0.550	0.000723	0.013	5.00	6.00	-0.071	0.010
4	D - E	Induk	0.00001133	0.000477	19.80	0.60	0.550	0.000868	0.013	6.00	5.70	0.015	0.010
5	E - F	Induk	0.00001733	0.000597	20.90	0.60	0.550	0.001085	0.013	5.70	5.30	0.019	0.010
6	F - G	Induk	0.00001801	0.000756	12.70	0.60	0.550	0.001374	0.013	5.30	5.10	0.016	0.010
7	G - H	Induk	0.00001868	0.000795	7.30	0.60	0.550	0.001446	0.013	5.10	5.00	0.014	0.010
8	H - I	Induk	0.00001935	0.000875	15.60	0.60	0.550	0.001591	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
9	I - J	Induk	0.00003200	0.000994	9.90	0.60	0.550	0.001808	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
10	J - Z	Induk	0.00003267	0.001034	3.30	0.60	0.550	0.001880	0.013	5.00	5.10	-0.030	0.010

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
1	P - O	Induk	0.00000067	0.000040	11.00	0.60	0.550	0.000072	0.013	5.40	5.30	0.009	0.010
2	O - N	Induk	0.00000355	0.000159	14.60	0.60	0.550	0.000289	0.013	5.30	5.15	0.010	0.010
3	N - M	Induk	0.00000815	0.000318	16.30	0.60	0.550	0.000578	0.013	5.15	5.05	0.006	0.010
4	M - L	Induk	0.00000883	0.000398	20.30	0.60	0.550	0.000723	0.013	5.05	5.00	0.002	0.010
5	L - K	Induk	0.00001037	0.000597	19.00	0.60	0.550	0.001085	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
6	K - Z	Induk	0.00001104	0.000795	10.00	0.60	0.550	0.001446	0.013	5.00	5.10	-0.010	0.010
7	Z - IPAL	Induk	0.00006651	0.001829	2.00	0.60	0.550	0.003326	0.013	5.10	5.10	0.000	0.010

Tabel 5.7 Dimensi Pipa Servis Alternatif II (lanjutan)

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full cek	d min/ D full cek	Vmin / Vfull cek	V full cek (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
1	a - A	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
2	b - B	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
3	c - B	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
4	d - B	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
5	e' - C	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
6	e - C	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
7	f - C	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
8	g' - D	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
9	g - D	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
10	h' - E	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
11	h - E	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
12	h" - E	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
13	i - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
14	i' - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
15	i" - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
16	i''' - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full cek	d min/ D full cek	Vmin / Vfull cek	V full cek (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
17	j - G	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
18	k' - H	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
19	k - H	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
20	l' - I	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
21	l - I	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
22	l" - I	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
23	m - J	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
24	u - P	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
25	t" - O	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
26	t - O	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
27	t' - O	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
28	s" - N	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
29	s - N	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
30	s' - N	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
31	r - M	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
32	r' - M	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
33	q' - L	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
34	q - L	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
35	p - L	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
36	p' - L	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
37	o' - K	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
38	o - K	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042
39	n - K	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0085
40	n' - K	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.20	0.99	0.20	0.0042

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full	d min/ D full	Vmin / Vfull	V full (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
1	A - B	Induk	0.020	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000037	0.05	0.20	0.90	0.18	0.0022

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full cek	d min/ D full cek	Vmin / Vfull cek	V full cek (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
2	B - C	Induk	0.039	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000321	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0133
3	C - D	Induk	0.048	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000593	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0221
4	D - E	Induk	0.051	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000631	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0266
5	E - F	Induk	0.056	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000965	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0332
6	F - G	Induk	0.061	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001003	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0421
7	G - H	Induk	0.062	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001040	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0443
8	H - I	Induk	0.064	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001078	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0487
9	I - J	Induk	0.067	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001782	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0554
10	J - Z	Induk	0.068	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001819	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0576

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full	d min/ D full	Vmin / Vfull	V full (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
1	P - O	Induk	0.020	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000037	0.05	0.22	0.90	0.20	0.0022
2	O - N	Induk	0.034	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000198	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0089
3	N - M	Induk	0.044	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000454	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0177
4	M - L	Induk	0.048	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000491	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0221
5	L - K	Induk	0.056	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000577	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0332
6	K - Z	Induk	0.062	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000615	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0443
7	Z - IPAL	Induk	0.085	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.003704	0.07	0.25	0.90	0.22	0.1019

Tabel 5.7 Dimensi Pipa Servis Alternatif II (lanjutan)

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d / D min. Velo	hair min. Velo (m)	ΔA gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
1	a - A	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.007	600	0.00001
2	b - B	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.035	600	0.00006
3	c - B	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.006	600	0.00001

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d /D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
4	d - B	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.013	600	0.00002
5	e' - C	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.010	600	0.00002
6	e - C	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.005	600	0.00001
7	f - C	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.017	600	0.00003
8	g' - D	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002
9	g - D	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002
10	h' - E	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.022	600	0.00004
11	h - E	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.012	600	0.00002
12	h" - E	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.016	600	0.00003
13	i - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.029	600	0.00005
14	i' - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.015	600	0.00003
15	i" - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.014	600	0.00002
16	i''' - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.026	600	0.00004
17	j - G	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.010	600	0.00002
18	k' - H	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.014	600	0.00002
19	k - H	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.014	600	0.00002
20	l' - I	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.025	600	0.00004
21	l - I	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00001
22	l" - I	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.012	600	0.00002
23	m - J	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.007	600	0.00001
24	u - P	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.008	600	0.00001
25	t" - O	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.017	600	0.00003
26	t - O	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.006	600	0.00001
27	t' - O	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.022	600	0.00004
28	s" - N	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.021	600	0.00003
29	s - N	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.005	600	0.00001
30	s' - N	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.020	600	0.00003

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d / D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
31	r - M	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.011	600	0.00002
32	r' - M	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002
33	q' - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.033	600	0.00005
34	q - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.021	600	0.00004
35	p - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.003	600	0.00000
36	p' - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.018	600	0.00003
37	o' - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.034	600	0.00006
38	o - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.019	600	0.00003
39	n - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.003	600	0.00000
40	n' - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.007	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.017	600	0.00003

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d / D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
1	A - B	Induk	0.07	0.25	0.22	0.008	0.010	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.122	600	0.00020
2	B - C	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.075	600	0.00013
3	C - D	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.106	600	0.00018
4	D - E	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.149	600	0.00025
5	E - F	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.158	600	0.00026
6	F - G	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.096	600	0.00016
7	G - H	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.055	600	0.00009
8	H - I	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.118	600	0.00020
9	I - J	Induk	0.15	0.42	0.38	0.011	0.024	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.075	600	0.00012
10	J - Z	Induk	0.15	0.42	0.38	0.011	0.024	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.025	600	0.00004

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d / D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
----	-------	------------	---------------------	-------------------	--------------	----------	-----------	------------------	-----------------	--------------------	---------------------------------------	---------------------------------	----------------------	---------------------------------

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d /D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
1	P - O	Induk	0.07	0.25	0.22	0.008	0.010	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.084	600	0.00014
2	O - N	Induk	0.07	0.25	0.22	0.011	0.010	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.110	600	0.00018
3	N - M	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.123	600	0.00021
4	M - L	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.153	600	0.00026
5	L - K	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.143	600	0.00024
6	K - Z	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.016	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.075	600	0.00013
7	Z - IPAL	Induk	0.20	0.50	0.45	0.011	0.032	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.015	600	0.00003



Tabel 5. 8 Dimensi Pipa Servis Alternatif III

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
1	a - A	Servis	0.00000067	0.000040	1.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.25	5.25	0.00	0.020
2	b - B	Servis	0.00000154	0.000080	9.60	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
3	c - B	Servis	0.00000067	0.000040	1.60	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
4	d - B	Servis	0.00000154	0.000080	3.50	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
5	e' - C	Servis	0.00000067	0.000040	2.70	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
6	e - C	Servis	0.00000067	0.000040	1.30	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
7	f - C	Servis	0.00000154	0.000080	4.80	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
8	g' - D	Servis	0.00000067	0.000040	2.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	6.00	6.00	0.00	0.020
9	g - D	Servis	0.00000067	0.000040	2.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	6.00	6.00	0.00	0.020
10	h' - E	Servis	0.00000067	0.000040	6.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.70	5.70	0.00	0.020
11	h - E	Servis	0.00000067	0.000040	3.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.70	5.70	0.00	0.020
12	h" - E	Servis	0.00000067	0.000040	4.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.70	5.70	0.00	0.020
13	i - F	Servis	0.00000067	0.000040	7.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
14	i' - F	Servis	0.00000067	0.000040	4.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
15	i" - F	Servis	0.00000067	0.000040	4.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
16	i''' - F	Servis	0.00000067	0.000040	7.30	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
17	j - G	Servis	0.00000067	0.000040	2.70	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.10	5.10	0.00	0.020
18	k' - H	Servis	0.00000067	0.000040	4.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
19	k - H	Servis	0.00000067	0.000040	4.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
20	l' - I	Servis	0.00000067	0.000040	7.00	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
21	l - I	Servis	0.00000067	0.000040	2.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
22	l" - I	Servis	0.00000067	0.000040	3.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
23	m - J	Servis	0.00000067	0.000040	1.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
24	o' - K	Servis	0.00000067	0.000040	9.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
25	o - K	Servis	0.00000067	0.000040	5.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
26	n - K	Servis	0.00000154	0.000080	0.70	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
27	n' - K	Servis	0.00000067	0.000040	4.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
29	p" - L	Servis	0.00000067	0.000040	5.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
30	p - L	Servis	0.00000067	0.000040	0.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
31	p' - L	Servis	0.00000154	0.000080	5.00	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020
28	u - P	Servis	0.00000067	0.000040	2.20	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.40	5.40	0.00	0.020
32	t" - O	Servis	0.00000067	0.000040	4.80	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
33	t - O	Servis	0.00000067	0.000040	1.60	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
34	t' - O	Servis	0.00000067	0.000040	6.10	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.30	5.30	0.00	0.020
35	s" - N	Servis	0.00000067	0.000040	5.70	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.15	5.15	0.00	0.020
36	s - N	Servis	0.00000067	0.000040	1.40	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.15	5.15	0.00	0.020
37	s' - N	Servis	0.00000154	0.000080	5.40	0.80	0.850	0.000094	0.013	5.15	5.15	0.00	0.020
38	r - M	Servis	0.00000067	0.000040	2.90	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.05	5.05	0.00	0.020
39	r' - M	Servis	0.00000067	0.000040	2.60	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.05	5.05	0.00	0.020
40	q - Z	Servis	0.00000067	0.000040	2.50	0.80	0.850	0.000047	0.013	5.00	5.00	0.00	0.020

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
1	A - B	Induk	0.00000067	0.000040	16.00	0.60	0.550	0.000072	0.013	5.25	5.10	0.009	0.010
2	B - C	Induk	0.00000577	0.000239	10.00	0.60	0.550	0.000434	0.013	5.10	5.00	0.010	0.010
3	C - D	Induk	0.00001066	0.000398	14.00	0.60	0.550	0.000723	0.013	5.00	6.00	-0.071	0.010
4	D - E	Induk	0.00001133	0.000477	19.80	0.60	0.550	0.000868	0.013	6.00	5.70	0.015	0.010
5	E - F	Induk	0.00001733	0.000597	20.90	0.60	0.550	0.001085	0.013	5.70	5.30	0.019	0.010
6	F - G	Induk	0.00001801	0.000756	12.70	0.60	0.550	0.001374	0.013	5.30	5.10	0.016	0.010
7	G - H	Induk	0.00001868	0.000795	7.30	0.60	0.550	0.001446	0.013	5.10	5.00	0.014	0.010
8	H - I	Induk	0.00001935	0.000875	15.60	0.60	0.550	0.001591	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
9	I - J	Induk	0.00003200	0.000994	9.90	0.60	0.550	0.001808	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
10	J - K	Induk	0.00003354	0.001034	13.30	0.60	0.550	0.001880	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
11	K - L	Induk	0.00004142	0.001233	19.00	0.60	0.550	0.002242	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010
12	L - Z	Induk	0.00004792	0.001392	8.90	0.60	0.550	0.002531	0.013	5.00	5.00	0.000	0.010

No	Jalur	Jenis Pipa	Qmin (m <sup>3</sup> /detik)	Qpeak total (m <sup>3</sup> /detik)	Panjang Pipa (m)	d/D	Qp/ Qf	Qfull (m <sup>3</sup> /detik)	n	Elevasi Muka Tanah		Slope Medan	Slope Pipa
										Awal	Akhir		
1	P - O	Induk	0.00000067	0.000040	11.00	0.60	0.550	0.000072	0.015	5.40	5.30	0.009	0.010
2	O - N	Induk	0.00000355	0.000159	14.60	0.60	0.550	0.000289	0.015	5.30	5.15	0.010	0.010
3	N - M	Induk	0.00000815	0.000318	16.30	0.60	0.550	0.000578	0.015	5.15	5.05	0.006	0.010
4	M - Z	Induk	0.00001066	0.000398	11.40	0.60	0.550	0.000723	0.015	5.05	5.00	0.004	0.010
5	Z - IPAL	Induk	0.00006651	0.001829	2.00	0.60	0.550	0.003326	0.015	5.00	5.00	0.000	0.010

Tabel 5.15 Dimensi Pipa Servis Alternatif III (lanjutan)

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full cek	d min/ D full cek	Vmin / Vfull cek	V full cek (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
1	a - A	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
2	b - B	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0085
3	c - B	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
4	d - B	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0085
5	e' - C	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
6	e - C	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
7	f - C	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0085
8	g' - D	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
9	g - D	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
10	h' - E	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
11	h - E	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
12	h" - E	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full cek	d min/ D full cek	Vmin / Vfull cek	V full cek (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
13	i - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
14	i' - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
15	i'' - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
16	i''' - F	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
17	j - G	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
18	k' - H	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
19	k - H	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
20	l' - I	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
21	l - I	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
22	l'' - I	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
23	m - J	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
24	o' - K	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
25	o - K	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
26	n - K	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0085
27	n' - K	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
29	p'' - L	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
30	p - L	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
31	p' - L	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0085
28	u - P	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
32	t'' - O	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
33	t - O	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
34	t' - O	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
35	s'' - N	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
36	s - N	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
37	s' - N	Servis	0.020	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000165	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0085
38	r - M	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
39	r' - M	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042
40	q - Z	Servis	0.015	109.90	0.012	0.020	0.009390	0.000072	0.05	0.22	0.99	0.22	0.0042

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full cek	d min/ D full cek	Vmin / Vfull cek	V full cek (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
1	A - B	Induk	0.020	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000037	0.05	0.22	0.90	0.20	0.0022
2	B - C	Induk	0.039	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000321	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0133
3	C - D	Induk	0.048	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000593	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0221
4	D - E	Induk	0.051	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000631	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0266
5	E - F	Induk	0.056	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.000965	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0332
6	F - G	Induk	0.061	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001003	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0421
7	G - H	Induk	0.062	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001040	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0443
8	H - I	Induk	0.064	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001078	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0487
9	I - J	Induk	0.067	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001782	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0554
10	J - K	Induk	0.068	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.001868	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0576
11	K - L	Induk	0.073	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.002306	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0686
12	L - Z	Induk	0.077	159.60	0.006	0.010	0.017959	0.002668	0.07	0.25	0.90	0.22	0.0775

No	Jalur	Jenis Pipa	D hitungan (m)	D terpilih (mm)	Slope Minimum	Slope Dipakai	Qfull cek (m <sup>3</sup> /detik)	Q min / Q full	d min/ D full	Vmin / Vfull	V full (m/dt)	V min (m/dt)	Qpeak / Qfull cek
1	P - O	Induk	0.021	159.60	0.006	0.010	0.015564	0.000043	0.05	0.22	0.78	0.17	0.0026
2	O - N	Induk	0.036	159.60	0.006	0.010	0.015564	0.000228	0.07	0.25	0.78	0.19	0.0102
3	N - M	Induk	0.046	159.60	0.006	0.010	0.015564	0.000524	0.07	0.25	0.78	0.19	0.0204
4	M - Z	Induk	0.050	159.60	0.006	0.010	0.015564	0.000685	0.07	0.25	0.78	0.19	0.0256
5	Z - IPAL	Induk	0.089	159.60	0.006	0.010	0.015564	0.004273	0.07	0.25	0.78	0.19	0.1175

Tabel 5.15 Dimensi Pipa Servis Alternatif III (lanjutan)

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d / D min. Velo	hair min. Velo (m)	ΔA gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
1	a - A	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.007	600	0.00001
2	b - B	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.035	600	0.00006
3	c - B	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.006	600	0.00001

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d /D min. Velo	hair min. Velo (m)	ΔA gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
4	d - B	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.013	600	0.00002
5	e' - C	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.010	600	0.00002
6	e - C	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.005	600	0.00001
7	f - C	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.017	600	0.00003
8	g' - D	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002
9	g - D	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002
10	h' - E	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.022	600	0.00004
11	h - E	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.012	600	0.00002
12	h" - E	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.016	600	0.00003
13	i - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.029	600	0.00005
14	i' - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.015	600	0.00003
15	i" - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.014	600	0.00002
16	i''' - F	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.026	600	0.00004
17	j - G	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.010	600	0.00002
18	k' - H	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.014	600	0.00002
19	k - H	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.014	600	0.00002
20	l' - I	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.025	600	0.00004
21	l - I	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00001
22	l" - I	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.012	600	0.00002
23	m - J	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.007	600	0.00001
24	o' - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.034	600	0.00006
25	o - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.019	600	0.00003
26	n - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.003	600	0.00000
27	n' - K	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.017	600	0.00003
29	p" - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.021	600	0.00004
30	p - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.003	600	0.00000
31	p' - L	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.018	600	0.00003

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d /D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
28	u - P	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.008	600	0.00001
32	t" - O	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.017	600	0.00003
33	t - O	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.006	600	0.00001
34	t' - O	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.022	600	0.00004
35	s" - N	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.021	600	0.00003
36	s - N	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.005	600	0.00001
37	s' - N	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.020	600	0.00003
38	r - M	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.011	600	0.00002
39	r' - M	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002
40	q - Z	Servis	0.07	0.25	0.25	0.005	0.01	0.6	0.44	0.048	0.0036	0.009	600	0.00002

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d /D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
1	A - B	Induk	0.07	0.25	0.22	0.008	0.01	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.122	600	0.00020
2	B - C	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.075	600	0.00013
3	C - D	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.106	600	0.00018
4	D - E	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.149	600	0.00025
5	E - F	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.158	600	0.00026
6	F - G	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.096	600	0.00016
7	G - H	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.055	600	0.00009
8	H - I	Induk	0.10	0.33	0.30	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.118	600	0.00020
9	I - J	Induk	0.15	0.42	0.38	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.075	600	0.00012
10	J - K	Induk	0.15	0.42	0.38	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.100	600	0.00017
11	K - L	Induk	0.20	0.50	0.45	0.011	0.03	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.143	600	0.00024
12	L - Z	Induk	0.20	0.50	0.45	0.011	0.03	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.067	600	0.00011

No	Jalur	Jenis Pipa	d peak / d full cek	Vpeak / Vfull cek	Vpeak (m/dt)	hmin (m)	hpeak (m)	min. Velo (m/dt)	d /D min. Velo	hair min. Velo (m)	$\Delta A$ gelontor (m <sup>2</sup> )	Vol. gelontor (m <sup>3</sup> )	tg = 10 min. (detik)	Q gelontor (m <sup>3</sup> /dt)
1	P - O	Induk	0.20	0.50	0.39	0.008	0.03	0.6	0.44	0.070	0.0076	0.084	600	0.00014
2	O - N	Induk	0.20	0.50	0.39	0.011	0.03	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.110	600	0.00018
3	N - M	Induk	0.10	0.33	0.26	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.123	600	0.00021
4	M - Z	Induk	0.10	0.33	0.26	0.011	0.02	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.086	600	0.00014
5	Z - IPAL	Induk	0.20	0.50	0.39	0.011	0.03	0.6	0.44	0.070	0.0075	0.015	600	0.00003



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

### 5.2.5 Penanaman pipa

Penentuan penanaman pipa diperlukan untuk mengetahui kedalaman galian pipa air limbah yang akan dipasang. Kedalaman pipa minimal diperlukan untuk perlindungan pipa dari beban di atasnya dan gangguan lain (KemenPU, 2013). Menurut *Indonesian Institute for Infrastructure Studies (I3S)*, kedalaman galian pipa untuk pipa persil, servis, lateral, dan induk yaitu:

- Pipa persil  $\geq 0.4$  m (bila beban ringan) dan  $\geq 0.8$  m (bila beban berat)
- Pipa servis 0.75 m
- Pipa lateral (1 – 1.2) m
- Pipa induk maksimal kedalaman adalah 7 m.

Data-data yang diperlukan dalam menentukan penanaman pipa, antara lain: elevasi tanah, diameter pipa, panjang pipa, dan slope. Berikut adalah contoh perhitungan penanaman pipa servis a – A pada alternatif II.

- D luar pipa = 0.114 m
- Elevasi tanah awal = 5.25 m  
akhir = 5.25 m
- Panjang pipa (L) = 1.9 m
- Slope (s) = 0.02
- Headloss =  $s \times L$   
=  $0.02 \times 1.9$  m  
= 0.038
- Elevasi awal pipa  
atas = Elevasi tanah awal – 1 m  
=  $5.25 \text{ m} - 1 \text{ m}$   
= 4.25 m  
bawah = Elevasi awal pipa atas –  $D_{\text{pipa}}$   
=  $4.25 \text{ m} - 0.114 \text{ m}$   
= 4.14 m
- Elevasi akhir pipa  
atas = Elevasi awal pipa atas – headloss

$$\begin{aligned}
 &= 4.25 \text{ m} - 0.038 \text{ m} \\
 &= 4.21 \text{ m} \\
 \text{bawah} &= \text{Elevasi akhir pipa atas} - D_{\text{pipa}} \\
 &= 4.21 \text{ m} - 0.114 \text{ m} \\
 &= 4.10 \text{ m}
 \end{aligned}$$

- Kedalaman penanaman
  - awal = Elevasi tanah awal – (Elevasi awal pipa atas –  $D_{\text{pipa}}$ )
  - =  $5.25 \text{ m} - (4.25 \text{ m} - 0.114 \text{ m})$
  - = 1.11 m

Selanjutnya untuk penanaman pipa induk A – B, tahap perhitungan yang dilakukan sama seperti contoh perhitungan di atas. Namun, dalam menentukan elevasi awal pipa bagian atas nilainya disamakan dengan elevasi akhir pipa bagian atas pipa servis a – A. Tujuannya adalah agar dapat mengalirkan air limbah secara gravitasi. Diantara pipa servis a – A dan pipa induk A – B juga diletakkan bak kontrol. Kedalaman penanaman pipa induk terakhir sebelum menuju IPAL adalah sebagai berikut:

- a. Alternatif I
  - Kedalaman penanaman awal = 3.32 m
  - akhir = 3.09 m
- b. Alternatif II
  - Kedalaman penanaman awal = 2.30 m
  - akhir = 2.32 m
- c. Alternatif III
  - Kedalaman penanaman awal = 2.45 m
  - akhir = 2.47 m

Dari hasil perhitungan bisa diambil kesimpulan sementara bahwa alternatif II yang berpotensi dijadikan lokasi IPAL karena kedalaman penanamannya lebih dangkal dibandingkan alternatif yang lain. Kedalaman penanaman pipa berkaitan dengan biaya yang dikeluarkan untuk penggalian dan penanaman pipa.

Tabel 5. 9 Penanaman Pipa Air Buangan Alternatif I

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		D		L (m)	Slope Medan	Slope Dipakai	Headloss (m)	Elevasi Awal Pipa (m)		Elevasi Akhir Pipa (m)		Elevasi Muka Air (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	(mm)	(m)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	u - P	Servis	5.40	5.40	110	0.114	2.20	0.00	0.020	0.044	4.40	4.29	4.36	4.24	4.29	4.24	1.11	1.16
2	P - O	Induk	5.40	5.30	160	0.165	11.00	0.01	0.010	0.110	4.36	4.19	4.25	4.08	4.20	4.09	1.21	1.22
3	t" - O	Servis	5.30	5.30	110	0.114	4.80	0.00	0.020	0.096	4.30	4.19	4.20	4.09	4.19	4.10	1.11	1.21
4	t - O	Servis	5.30	5.30	110	0.114	1.60	0.00	0.020	0.032	4.30	4.19	4.27	4.15	4.19	4.16	1.11	1.15
5	t' - O	Servis	5.30	5.30	110	0.114	6.10	0.00	0.020	0.122	4.30	4.19	4.18	4.06	4.19	4.07	1.11	1.24
6	O - N	Induk	5.30	5.15	160	0.165	14.60	0.01	0.010	0.146	4.18	4.01	4.03	3.87	4.02	3.87	1.29	1.28
7	s" - N	Servis	5.15	5.15	110	0.114	5.70	0.00	0.020	0.114	4.15	4.04	4.04	3.92	4.04	3.93	1.11	1.23
8	s - N	Servis	5.15	5.15	110	0.114	1.40	0.00	0.020	0.028	4.15	4.04	4.12	4.01	4.04	4.01	1.11	1.14
9	s' - N	Servis	5.15	5.15	110	0.114	5.40	0.00	0.020	0.108	4.15	4.04	4.04	3.93	4.04	3.93	1.11	1.22
10	N - M	Induk	5.15	5.05	160	0.165	16.30	0.01	0.010	0.163	4.04	3.88	3.88	3.71	3.88	3.72	1.27	1.34
11	r - M	Servis	5.05	5.05	110	0.114	2.90	0.00	0.020	0.058	4.05	3.94	3.99	3.88	3.94	3.88	1.11	1.17
12	r' - M	Servis	5.05	5.05	110	0.114	2.60	0.00	0.020	0.052	4.05	3.94	4.00	3.88	3.94	3.89	1.11	1.17
13	M - L	Induk	5.05	5.00	160	0.165	20.30	0.00	0.010	0.203	3.88	3.71	3.68	3.51	3.72	3.51	1.34	1.49
14	q' - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	9.00	0.00	0.020	0.180	4.00	3.89	3.82	3.71	3.89	3.71	1.11	1.29
15	q - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	5.80	0.00	0.020	0.116	4.00	3.89	3.88	3.77	3.89	3.77	1.11	1.23
16	p - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	0.80	0.00	0.020	0.016	4.00	3.89	3.98	3.87	3.89	3.87	1.11	1.13
17	p' - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	5.00	0.00	0.020	0.100	4.00	3.89	3.90	3.79	3.89	3.79	1.11	1.21
18	L - K	Induk	5.00	5.00	160	0.165	19.00	0.00	0.010	0.190	3.68	3.51	3.49	3.32	3.51	3.32	1.49	1.68
19	o' - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	9.50	0.00	0.020	0.190	4.00	3.89	3.81	3.70	3.89	3.70	1.11	1.30
20	o - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	5.20	0.00	0.020	0.104	4.00	3.89	3.90	3.78	3.89	3.78	1.11	1.22
21	n - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	0.70	0.00	0.020	0.014	4.00	3.89	3.99	3.87	3.89	3.87	1.11	1.13
22	n' - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.80	0.00	0.020	0.096	4.00	3.89	3.90	3.79	3.89	3.79	1.11	1.21
23	K - J	Induk	5.00	5.00	160	0.165	13.30	0.00	0.010	0.133	3.49	3.32	3.35	3.19	3.32	3.19	1.68	1.81
24	m - J	Servis	5.00	5.00	110	0.114	1.90	0.00	0.020	0.038	4.00	3.89	3.96	3.85	3.89	3.85	1.11	1.15
25	J - I	Induk	5.00	5.00	160	0.165	9.90	0.00	0.010	0.099	3.35	3.19	3.25	3.09	3.19	3.09	1.81	1.91

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		D		L (m)	Slope Medan	Slope Dipakai	Headloss (m)	Elevasi Awal Pipa (m)		Elevasi Akhir Pipa (m)		Elevasi Muka Air (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	(mm)	(m)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	Awal	Akhir	Awal	Akhir
26	I' - I	Servis	5.00	5.00	110	0.114	7.00	0.00	0.020	0.140	4.00	3.89	3.86	3.75	3.89	3.75	1.11	1.25
27	I - I	Servis	5.00	5.00	110	0.114	2.40	0.00	0.020	0.048	4.00	3.89	3.95	3.84	3.89	3.84	1.11	1.16
28	I" - I	Servis	5.00	5.00	110	0.114	3.40	0.00	0.020	0.068	4.00	3.89	3.93	3.82	3.89	3.82	1.11	1.18
29	I - H	Induk	5.00	5.00	160	0.165	15.60	0.00	0.010	0.156	3.25	3.09	3.10	2.93	3.09	2.94	1.91	2.07
30	k' - H	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.00	0.00	0.020	0.080	4.00	3.89	3.92	3.81	3.89	3.81	1.11	1.19
31	k - H	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.00	0.00	0.020	0.080	4.00	3.89	3.92	3.81	3.89	3.81	1.11	1.19
32	H - G	Induk	5.00	5.10	160	0.165	7.30	-0.01	0.010	0.073	3.10	2.93	3.03	2.86	2.94	2.86	2.07	2.24
33	j - G	Servis	5.10	5.10	110	0.114	2.70	0.00	0.020	0.054	4.10	3.99	4.05	3.93	3.99	3.93	1.11	1.17
34	G - F	Induk	5.10	5.30	160	0.165	12.70	-0.02	0.010	0.127	3.03	2.86	2.90	2.73	2.86	2.73	2.24	2.57
35	i - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	7.90	0.00	0.020	0.158	4.30	4.19	4.14	4.03	4.19	4.03	1.11	1.27
36	i' - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	4.20	0.00	0.020	0.084	4.30	4.19	4.22	4.10	4.19	4.10	1.11	1.20
37	i" - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	4.00	0.00	0.020	0.080	4.30	4.19	4.22	4.11	4.19	4.11	1.11	1.19
38	i''' - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	7.30	0.00	0.020	0.146	4.30	4.19	4.15	4.04	4.19	4.04	1.11	1.26
39	F - E	Induk	5.30	5.70	160	0.165	20.90	-0.02	0.010	0.209	2.90	2.73	2.69	2.52	2.74	2.53	2.57	3.18
40	h' - E	Servis	5.70	5.70	110	0.114	6.20	0.00	0.020	0.124	4.70	4.59	4.58	4.46	4.59	4.46	1.11	1.24
41	h - E	Servis	5.70	5.70	110	0.114	3.20	0.00	0.020	0.064	4.70	4.59	4.64	4.52	4.59	4.52	1.11	1.18
42	h" - E	Servis	5.70	5.70	110	0.114	4.40	0.00	0.020	0.088	4.70	4.59	4.61	4.50	4.59	4.50	1.11	1.20
43	E - D	Induk	5.70	6.00	160	0.165	19.80	-0.02	0.010	0.198	2.69	2.52	2.49	2.33	2.53	2.33	3.18	3.67
44	g' - D	Servis	6.00	6.00	110	0.114	2.50	0.00	0.020	0.050	5.00	4.89	4.95	4.84	4.89	4.84	1.11	1.16
45	g - D	Servis	6.00	6.00	110	0.114	2.50	0.00	0.020	0.050	5.00	4.89	4.95	4.84	4.89	4.84	1.11	1.16
46	D - C	Induk	6.00	5.00	160	0.165	14.00	0.07	0.010	0.140	2.49	2.33	2.35	2.19	2.33	2.19	3.67	2.81
47	e' - C	Servis	5.00	5.00	110	0.114	2.70	0.00	0.020	0.054	4.00	3.89	3.95	3.83	3.89	3.83	1.11	1.17
48	e - C	Servis	5.00	5.00	110	0.114	1.30	0.00	0.020	0.026	4.00	3.89	3.97	3.86	3.89	3.86	1.11	1.14
49	f - C	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.80	0.00	0.020	0.096	4.00	3.89	3.90	3.79	3.89	3.79	1.11	1.21
50	C - B	Induk	5.00	5.10	160	0.165	10.00	-0.01	0.010	0.100	2.35	2.19	2.25	2.09	2.19	2.09	2.81	3.01
51	b - B	Servis	5.10	5.10	110	0.114	9.60	0.00	0.020	0.192	4.10	3.99	3.91	3.79	3.99	3.79	1.11	1.31

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		D		L (m)	Slope Medan	Slope Dipakai	Headloss (m)	Elevasi Awal Pipa (m)		Elevasi Akhir Pipa (m)		Elevasi Muka Air (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	(mm)	(m)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	Awal	Akhir	Awal	Akhir
52	c - B	Servis	5.10	5.10	110	0.114	1.60	0.00	0.020	0.032	4.10	3.99	4.07	3.95	3.99	3.95	1.11	1.15
53	d - B	Servis	5.10	5.10	110	0.114	3.50	0.00	0.020	0.070	4.10	3.99	4.03	3.92	3.99	3.92	1.11	1.18
54	B - A	Induk	5.10	5.25	160	0.165	16.00	-0.01	0.010	0.160	2.25	2.09	2.09	1.93	2.09	1.93	3.01	3.32
55	a - A	Servis	5.25	5.25	110	0.114	1.90	0.00	0.020	0.038	4.25	4.14	4.21	4.10	4.14	4.10	1.11	1.15
56	A - IPAL	Induk	5.25	5.00	160	0.165	2.00	0.13	0.010	0.020	2.09	1.93	2.07	1.91	1.93	1.91	3.32	3.09

Tabel 5. 10 Penanaman Pipa Air Buangan Alternatif II

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		D		L (m)	Slope Medan	Slope Dipakai	Headloss (m)	Elevasi Awal Pipa (m)		Elevasi Akhir Pipa (m)		Elevasi Muka Air (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	(mm)	(m)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	a - A	Servis	5.25	5.25	110	0.114	1.90	0.000	0.020	0.038	4.250	4.136	4.212	4.098	4.143	4.105	1.114	1.152
2	A - B	Induk	5.25	5.10	160	0.165	16.00	0.009	0.010	0.160	4.212	4.047	4.052	3.887	4.057	3.897	1.203	1.213
3	b - B	Servis	5.10	5.10	110	0.114	9.60	0.000	0.020	0.192	4.100	3.986	3.908	3.794	4.076	3.884	1.114	1.306
4	c - B	Servis	5.10	5.10	110	0.114	1.60	0.000	0.020	0.032	4.100	3.986	4.068	3.954	4.076	4.044	1.114	1.146
5	d - B	Servis	5.10	5.10	110	0.114	3.50	0.000	0.020	0.070	4.100	3.986	4.030	3.916	4.076	4.006	1.114	1.184
6	B - C	Induk	5.10	5.00	160	0.165	10.00	0.010	0.010	0.100	3.908	3.743	3.808	3.643	3.759	3.659	1.357	1.357
7	e' - C	Servis	5.00	5.00	110	0.114	2.70	0.000	0.020	0.054	4.000	3.886	3.946	3.832	3.976	3.922	1.114	1.168
8	e - C	Servis	5.00	5.00	110	0.114	1.30	0.000	0.020	0.026	4.000	3.886	3.974	3.860	3.976	3.950	1.114	1.140
9	f - C	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.80	0.000	0.020	0.096	4.000	3.886	3.904	3.790	3.976	3.880	1.114	1.210
10	C - D	Induk	5.00	6.00	160	0.165	12.70	0.016	0.010	0.127	3.808	3.643	3.681	3.516	3.659	3.532	1.357	2.484
11	g' - D	Servis	6.00	6.00	110	0.114	2.50	0.000	0.020	0.050	5.000	4.886	4.950	4.836	4.976	4.926	1.114	1.164
12	g - D	Servis	6.00	6.00	110	0.114	2.50	0.000	0.020	0.050	5.000	4.886	4.950	4.836	4.976	4.926	1.114	1.164
13	D - E	Induk	6.00	5.70	160	0.165	9.90	0.000	0.010	0.099	3.681	3.516	3.582	3.417	3.532	3.433	2.484	2.283
14	h' - E	Servis	5.70	5.70	110	0.114	6.20	0.000	0.020	0.124	4.700	4.586	4.576	4.462	4.676	4.552	1.114	1.238
15	h - E	Servis	5.70	5.70	110	0.114	3.20	0.000	0.020	0.064	4.700	4.586	4.636	4.522	4.676	4.612	1.114	1.178
16	h" - E	Servis	5.70	5.70	110	0.114	4.40	0.000	0.020	0.088	4.700	4.586	4.612	4.498	4.676	4.588	1.114	1.202

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		D		L (m)	Slope Medan	Slope Dipakai	Headloss (m)	Elevasi Awal Pipa (m)		Elevasi Akhir Pipa (m)		Elevasi Muka Air (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	(mm)	(m)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	Awal	Akhir	Awal	Akhir
17	E - F	Induk	5.70	5.30	160	0.165	20.90	0.019	0.010	0.209	3.582	3.417	3.373	3.208	3.433	3.224	2.283	2.092
18	i - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	7.90	0.000	0.020	0.158	4.300	4.186	4.142	4.028	4.276	4.118	1.114	1.272
19	i' - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	4.20	0.000	0.020	0.084	4.300	4.186	4.216	4.102	4.276	4.192	1.114	1.198
20	i'' - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	4.00	0.000	0.020	0.080	4.300	4.186	4.220	4.106	4.276	4.196	1.114	1.194
21	i''' - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	7.30	0.000	0.020	0.146	4.300	4.186	4.154	4.040	4.276	4.130	1.114	1.260
22	F - G	Induk	5.30	5.10	160	0.165	3.30	-0.030	0.010	0.033	3.373	3.208	3.340	3.175	3.224	3.191	2.092	1.925
23	j - G	Servis	5.10	5.10	110	0.114	2.70	0.000	0.020	0.054	4.100	3.986	4.046	3.932	4.076	4.022	1.114	1.168
24	G - H	Induk	5.10	5.00	160	0.165	7.30	0.014	0.010	0.073	3.340	3.175	3.267	3.102	3.191	3.118	1.925	1.898
25	k' - H	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.00	0.000	0.020	0.080	4.000	3.886	3.920	3.806	3.976	3.896	1.114	1.194
26	k - H	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.00	0.000	0.020	0.080	4.000	3.886	3.920	3.806	3.976	3.896	1.114	1.194
27	H - I	Induk	5.00	5.00	160	0.165	3.30	-0.030	0.010	0.033	3.267	3.102	3.234	3.069	3.118	3.085	1.898	1.931
28	I' - I	Servis	5.00	5.00	110	0.114	7.00	0.000	0.020	0.140	4.000	3.886	3.860	3.746	3.976	3.836	1.114	1.254
29	I - I	Servis	5.00	5.00	110	0.114	2.40	0.000	0.020	0.048	4.000	3.886	3.952	3.838	3.976	3.928	1.114	1.162
30	I'' - I	Servis	5.00	5.00	110	0.114	3.40	0.000	0.020	0.068	4.000	3.886	3.932	3.818	3.976	3.908	1.114	1.182
31	I - J	Induk	5.00	5.00	160	0.165	11.00	0.009	0.010	0.110	3.234	3.069	3.124	2.959	3.093	2.983	1.931	2.041
32	m - J	Servis	5.00	5.00	110	0.114	1.90	0.000	0.020	0.038	4.000	3.886	3.962	3.848	3.976	3.938	1.114	1.152
33	J - Z	Induk	5.00	5.10	160	0.165	16.30	0.006	0.010	0.163	3.124	2.959	2.961	2.796	2.983	2.820	2.041	2.304
34	u - P	Servis	5.40	5.40	110	0.114	2.20	0.000	0.020	0.044	4.400	4.286	4.356	4.242	4.376	4.332	1.114	1.158
35	P - O	Induk	5.40	5.30	160	0.165	19.00	0.000	0.010	0.190	4.356	4.191	4.166	4.001	4.201	4.011	1.209	1.299
36	t'' - O	Servis	5.30	5.30	110	0.114	4.80	0.000	0.020	0.096	4.300	4.186	4.204	4.090	4.276	4.180	1.114	1.210
37	t - O	Servis	5.30	5.30	110	0.114	1.60	0.000	0.020	0.032	4.300	4.186	4.268	4.154	4.276	4.244	1.114	1.146
38	t' - O	Servis	5.30	5.30	110	0.114	6.10	0.000	0.020	0.122	4.300	4.186	4.178	4.064	4.276	4.154	1.114	1.236
39	O - N	Induk	5.30	5.15	160	0.165	14.60	0.010	0.010	0.146	4.166	4.001	4.020	3.855	4.011	3.865	1.299	1.295
40	s'' - N	Servis	5.15	5.15	110	0.114	5.70	0.000	0.020	0.114	4.150	4.036	4.036	3.922	4.126	4.012	1.114	1.228
41	s - N	Servis	5.15	5.15	110	0.114	1.40	0.000	0.020	0.028	4.150	4.036	4.122	4.008	4.126	4.098	1.114	1.142
42	s' - N	Servis	5.15	5.15	110	0.114	5.40	0.000	0.020	0.108	4.150	4.036	4.042	3.928	4.126	4.018	1.114	1.222

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		D		L (m)	Slope Medan	Slope Dipakai	Headloss (m)	Elevasi Awal Pipa (m)		Elevasi Akhir Pipa (m)		Elevasi Muka Air (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	(mm)	(m)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	Awal	Akhir	Awal	Akhir
43	N - M	Induk	5.15	5.05	160	0.165	19.00	0.000	0.010	0.190	4.020	3.855	3.830	3.665	3.871	3.681	1.295	1.385
44	r - M	Servis	5.05	5.05	110	0.114	2.90	0.000	0.020	0.058	4.050	3.936	3.992	3.878	4.026	3.968	1.114	1.172
45	r' - M	Servis	5.05	5.05	110	0.114	2.60	0.000	0.020	0.052	4.050	3.936	3.998	3.884	4.026	3.974	1.114	1.166
46	M - L	Induk	5.05	5.00	160	0.165	20.30	0.002	0.010	0.203	3.830	3.665	3.627	3.462	3.681	3.478	1.385	1.538
47	q' - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	9.00	0.000	0.020	0.180	4.000	3.886	3.820	3.706	3.976	3.796	1.114	1.294
48	q - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	5.80	0.000	0.020	0.116	4.000	3.886	3.884	3.770	3.976	3.860	1.114	1.230
49	p - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	0.80	0.000	0.020	0.016	4.000	3.886	3.984	3.870	3.976	3.960	1.114	1.130
50	p' - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	5.00	0.000	0.020	0.100	4.000	3.886	3.900	3.786	3.976	3.876	1.114	1.214
51	L - K	Induk	5.00	5.00	160	0.165	19.00	0.000	0.010	0.190	3.627	3.462	3.437	3.272	3.562	3.372	1.538	1.728
52	o' - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	9.50	0.000	0.020	0.190	4.000	3.886	3.810	3.696	3.976	3.786	1.114	1.304
53	o - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	5.20	0.000	0.020	0.104	4.000	3.886	3.896	3.782	3.976	3.872	1.114	1.218
54	n - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	0.70	0.000	0.020	0.014	4.000	3.886	3.986	3.872	3.976	3.962	1.114	1.128
55	n' - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.80	0.0000	0.0200	0.096	4.000	3.886	3.904	3.790	3.976	3.880	1.114	1.210
56	K - Z	Induk	5.00	5.10	160	0.165	10.00	-0.0100	0.0100	0.100	3.437	3.272	3.337	3.172	3.288	3.188	1.728	1.928
57	Z - IPAL	Induk	5.10	5.10	160	0.165	2.00	0.0000	0.0100	0.020	2.961	2.796	2.941	2.776	2.896	2.876	2.30	2.32

Tabel 5. 11 Penanaman Pipa Air Buangan Alternatif III

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		D		L (m)	Slope Medan	Slope Dipakai	Headloss (m)	Elevasi Awal Pipa (m)		Elevasi Akhir Pipa (m)		Elevasi Muka Air (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	(mm) <sub>in</sub>	(m)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	Awal	Akhir	Awal	Akhir
1	a - A	Servis	5.25	5.25	110	0.114	1.90	0.000	0.020	0.038	4.25	4.14	4.21	4.10	4.14	4.10	1.11	1.15
2	A - B	Induk	5.25	5.10	160	0.165	16.00	0.009	0.010	0.160	4.21	4.05	4.05	3.89	4.05	3.89	1.20	1.21
3	b - B	Servis	5.10	5.10	110	0.114	9.60	0.000	0.020	0.192	4.10	3.99	3.91	3.79	3.99	3.80	1.11	1.31
4	c - B	Servis	5.10	5.10	110	0.114	1.60	0.000	0.020	0.032	4.10	3.99	4.07	3.95	3.99	3.96	1.11	1.15
5	d - B	Servis	5.10	5.10	110	0.114	3.50	0.000	0.020	0.070	4.10	3.99	4.03	3.92	3.99	3.92	1.11	1.18
6	B - C	Induk	5.10	5.00	160	0.165	10.00	0.010	0.010	0.100	3.91	3.74	3.81	3.64	3.75	3.65	1.36	1.36



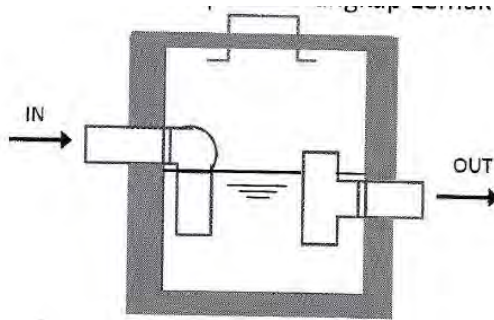
No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		D		L (m)	Slope Medan	Slope Dipakai	Headloss (m)	Elevasi Awal Pipa (m)		Elevasi Akhir Pipa (m)		Elevasi Muka Air (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	(mm) <sub>in</sub>	(m)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	Awal	Akhir	Awal	Akhir
7	e' - C	Servis	5.00	5.00	110	0.114	2.70	0.000	0.020	0.054	4.00	3.89	3.95	3.83	3.89	3.84	1.11	1.17
8	e - C	Servis	5.00	5.00	110	0.114	1.30	0.000	0.020	0.026	4.00	3.89	3.97	3.86	3.89	3.86	1.11	1.14
9	f - C	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.80	0.000	0.020	0.096	4.00	3.89	3.90	3.79	3.89	3.79	1.11	1.21
10	C - D	Induk	5.00	6.00	160	0.165	12.70	-0.079	0.010	0.127	3.81	3.64	3.68	3.52	3.64	3.52	1.36	2.48
11	g' - D	Servis	6.00	6.00	110	0.114	2.50	0.000	0.020	0.050	5.00	4.89	4.95	4.84	4.89	4.84	1.11	1.16
12	g - D	Servis	6.00	6.00	110	0.114	2.50	0.000	0.020	0.050	5.00	4.89	4.95	4.84	4.89	4.84	1.11	1.16
13	D - E	Induk	6.00	5.70	160	0.165	9.90	0.030	0.010	0.099	3.68	3.52	3.58	3.42	3.52	3.42	2.48	2.28
14	h' - E	Servis	5.70	5.70	110	0.114	6.20	0.000	0.020	0.124	4.70	4.59	4.58	4.46	4.59	4.46	1.11	1.24
15	h - E	Servis	5.70	5.70	110	0.114	3.20	0.000	0.020	0.064	4.70	4.59	4.64	4.52	4.59	4.52	1.11	1.18
16	h" - E	Servis	5.70	5.70	110	0.114	4.40	0.000	0.020	0.088	4.70	4.59	4.61	4.50	4.59	4.50	1.11	1.20
17	E - F	Induk	5.70	5.30	160	0.165	20.90	0.019	0.010	0.209	3.58	3.42	3.37	3.21	3.42	3.21	2.28	2.09
18	i - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	7.90	0.000	0.020	0.158	4.30	4.19	4.14	4.03	4.19	4.03	1.11	1.27
19	i' - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	4.20	0.000	0.020	0.084	4.30	4.19	4.22	4.10	4.19	4.10	1.11	1.20
20	i" - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	4.00	0.000	0.020	0.080	4.30	4.19	4.22	4.11	4.19	4.11	1.11	1.19
21	i''' - F	Servis	5.30	5.30	110	0.114	7.30	0.000	0.020	0.146	4.30	4.19	4.15	4.04	4.19	4.04	1.11	1.26
22	F - G	Induk	5.30	5.10	160	0.165	3.30	0.061	0.010	0.033	3.37	3.21	3.34	3.18	3.21	3.18	2.09	1.93
23	j - G	Servis	5.10	5.10	110	0.114	2.70	0.000	0.020	0.054	4.10	3.99	4.05	3.93	3.99	3.93	1.11	1.17
24	G - H	Induk	5.10	5.00	160	0.165	7.30	0.014	0.010	0.073	3.34	3.18	3.27	3.10	3.18	3.10	1.93	1.90
25	k' - H	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.00	0.000	0.020	0.080	4.00	3.89	3.92	3.81	3.89	3.81	1.11	1.19
26	k - H	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.00	0.000	0.020	0.080	4.00	3.89	3.92	3.81	3.89	3.81	1.11	1.19
27	H - I	Induk	5.00	5.00	160	0.165	3.30	0.000	0.010	0.033	3.27	3.10	3.23	3.07	3.10	3.07	1.90	1.93
28	I' - I	Servis	5.00	5.00	110	0.114	7.00	0.000	0.020	0.140	4.00	3.89	3.86	3.75	3.89	3.75	1.11	1.25
29	I - I	Servis	5.00	5.00	110	0.114	2.40	0.000	0.020	0.048	4.00	3.89	3.95	3.84	3.89	3.84	1.11	1.16
30	I" - I	Servis	5.00	5.00	110	0.114	3.40	0.000	0.020	0.068	4.00	3.89	3.93	3.82	3.89	3.82	1.11	1.18
31	I - J	Induk	5.00	5.00	160	0.165	11.00	0.000	0.010	0.110	3.23	3.07	3.12	2.96	3.07	2.96	1.93	2.04
32	m - J	Servis	5.00	5.00	110	0.114	1.90	0.000	0.020	0.038	4.00	3.89	3.96	3.85	3.89	3.85	1.11	1.15

No	Jalur Pipa	Jenis Pipa	Elevasi Tanah (m)		D		L (m)	Slope Medan	Slope Dipakai	Headloss (m)	Elevasi Awal Pipa (m)		Elevasi Akhir Pipa (m)		Elevasi Muka Air (m)		Kedalaman Penanaman (m)	
			Awal	Akhir	(mm) <sub>in</sub>	(m)					Atas	Bawah	Atas	Bawah	Awal	Akhir	Awal	Akhir
33	J - K	Induk	5.00	5.00	160	0.165	13.30	0.000	0.010	0.133	3.12	2.96	2.99	2.83	2.96	2.83	2.04	2.17
34	o' - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	9.50	0.000	0.020	0.190	4.00	3.89	3.81	3.70	3.89	3.70	1.11	1.30
35	o - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	5.20	0.000	0.020	0.104	4.00	3.89	3.90	3.78	3.89	3.78	1.11	1.22
36	n - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	0.70	0.000	0.020	0.014	4.00	3.89	3.99	3.87	3.89	3.87	1.11	1.13
37	n' - K	Servis	5.00	5.00	110	0.114	4.80	0.000	0.020	0.096	4.00	3.89	3.90	3.79	3.89	3.79	1.11	1.21
38	K - L	Induk	5.00	5.00	160	0.165	19.00	0.000	0.010	0.190	2.99	2.83	2.80	2.64	2.83	2.64	2.17	2.36
39	p" - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	5.80	0.000	0.020	0.116	4.00	3.89	3.88	3.77	3.89	3.77	1.11	1.23
40	p - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	0.80	0.000	0.020	0.016	4.00	3.89	3.98	3.87	3.89	3.87	1.11	1.13
41	p' - L	Servis	5.00	5.00	110	0.114	5.00	0.000	0.020	0.100	4.00	3.89	3.90	3.79	3.89	3.79	1.11	1.21
42	L - Z	Induk	5.00	5.00	160	0.165	8.90	0.000	0.010	0.089	2.80	2.64	2.71	2.55	2.64	2.55	2.36	2.45
43	u - P	Servis	5.40	5.40	110	0.114	2.20	0.000	0.020	0.044	4.40	4.29	4.36	4.24	4.29	4.24	1.11	1.16
44	P - O	Induk	5.40	5.30	160	0.165	19.00	0.005	0.010	0.190	4.36	4.19	4.17	4.00	4.19	4.00	1.21	1.30
45	t" - O	Servis	5.30	5.30	110	0.114	4.80	0.000	0.020	0.096	4.30	4.19	4.20	4.09	4.19	4.09	1.11	1.21
46	t - O	Servis	5.30	5.30	110	0.114	1.60	0.000	0.020	0.032	4.30	4.19	4.27	4.15	4.19	4.15	1.11	1.15
47	t' - O	Servis	5.30	5.30	110	0.114	6.10	0.000	0.020	0.122	4.30	4.19	4.18	4.06	4.19	4.06	1.11	1.24
48	O - N	Induk	5.30	5.15	160	0.165	14.60	0.010	0.010	0.146	4.17	4.00	4.02	3.86	4.00	3.86	1.30	1.30
49	s" - N	Servis	5.15	5.15	110	0.114	5.70	0.000	0.020	0.114	4.15	4.04	4.04	3.92	4.04	3.92	1.11	1.23
50	s - N	Servis	5.15	5.15	110	0.114	1.40	0.000	0.020	0.028	4.15	4.04	4.12	4.01	4.04	4.01	1.11	1.14
51	s' - N	Servis	5.15	5.15	110	0.114	5.40	0.000	0.020	0.108	4.15	4.04	4.04	3.93	4.04	3.93	1.11	1.22
52	N - M	Induk	5.15	5.05	160	0.165	19.00	0.005	0.010	0.190	4.02	3.86	3.83	3.67	3.86	3.67	1.30	1.39
53	r - M	Servis	5.05	5.05	110	0.114	2.90	0.000	0.020	0.058	4.05	3.94	3.99	3.88	3.94	3.88	1.11	1.17
54	r' - M	Servis	5.05	5.05	110	0.114	2.60	0.000	0.020	0.052	4.05	3.94	4.00	3.88	3.94	3.88	1.11	1.17
55	M - Z	Induk	5.05	5.00	160	0.165	11.40	0.004	0.010	0.114	3.83	3.67	3.72	3.55	3.67	3.55	1.39	1.45
56	q - Z	Servis	5.00	5.00	110	0.114	2.50	0.000	0.020	0.050	4.00	3.89	3.95	3.84	3.89	3.84	1.11	1.16
57	Z - IPAL	Induk	5.00	5.00	160	0.165	2.00	0.000	0.010	0.020	2.71	2.55	2.69	2.53	2.55	2.53	2.45	2.47

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

### 5.2.6 Perencanaan bangunan pelengkap

Pada sistem penyaluran air limbah yang direncanakan di RT 11 RW 7 memerlukan bangunan pelengkap, yaitu bak kontrol untuk memudahkan pemeliharaan pada saluran perpipaan dan sebagai perangkat lemak. Bak perangkat lemak berfungsi untuk memisahkan lemak dan padatan dari dapur. Unit ini bertujuan untuk mencegah penyumbatan akibat masuknya lemak ke dalam pipa dalam jumlah besar. Pemasangan perangkat lemak disarankan sedekat mungkin dengan sumbernya.



Gambar 5. 11 Tipikal Perangkat Lemak

Detil tipikal gambar bangunan pelengkap terdapat pada lampiran. Sebelum menuju ke pipa servis, pipa persil yang membawa *black water* dan *grey water* dialirkan terlebih dahulu menuju *House Inlet* (HI). HI merupakan bak berukuran 40 x 40 cm sebagai bak kontrol akhir di dalam Sambungan Rumah (SR) yang biasanya ditempatkan di pekarangan rumah. Bak ini juga difungsikan sebagai perangkat lemak karena lokasinya yang paling dekat dengan sumber. Selanjutnya pada pertemuan pipa servis dan pipa induk dipasang *Inspection Chamber* (IC) atau bak kontrol yang berukuran 40 x 40 cm (bagian dalam) dengan kedalaman menyesuaikan kebutuhan kemiringan pipa-pipa yang masuk dan keluar bak. IC berfungsi untuk mengurangi akumulasi gas yang ada dalam pipa dan untuk mempermudah perbaikan jaringan pipa. Pada perencanaan jaringan air limbah di RT 11 RW 7 ini, jumlah bak kontrol yang diperlukan untuk tiap alternatif berbeda, terdiri dari 16 bak untuk alternatif I dan 17 bak untuk alternatif II dan III.

### 5.2.7 Pemilihan jaringan SPAL

Pada pemilihan jaringan SPAL yang paling cocok diterapkan di RT 11 RW 7, penentuannya dilakukan berdasarkan jaringan SPAL mana yang paling efektif dan efisien. Berdasarkan tiga pilihan alternatif yang ada maka ditentukan alternatif II sebagai jaringan SPAL yang paling sesuai dibandingkan yang lain. Hal ini meninjau pada: 1) ketersediaan lahan 2) anggaran biaya yang dikeluarkan 3) kondisi sosial warga sekitar lokasi. Pada Tabel 5.19 disajikan rangkuman kelebihan dan kekurangan dari pemilihan tiga alternatif jaringan yang ada. Selain karena masalah biaya, alternatif II nampaknya lebih menjamin terhindarnya konflik sosial yang ada di masyarakat akibat alih fungsi lahan dan juga aspek teknis mengenai jangkauan lokasi IPAL ke truk penguras lumpur tinja. Namun, pada praktiknya di lapangan, segala opsi akan dipaparkan ke masyarakat mengenai kelebihan dan kekurangan tiap alternatif dan memberikan hak sepenuhnya pada warga setempat untuk memilih.

Tabel 5. 12 Ringkasan Kelebihan dan Kekurangan Pemilihan Alternatif Jaringan SPAL

Alternatif	Kelebihan	Kekurangan	Biaya
I	- Lokasi dekat dengan jalan raya sehingga memudahkan truk penguras lumpur IPAL untuk beroperasi	- Berada di depan rumah rumah warga yang bukan anggota warga RT 11 - Biaya jaringan SPAL paling mahal - Penanaman pipa terlalu dalam	Rp 224,610,103
II	- Lokasi masih dalam jarak kurang dari 50 m karena berada di gang sehingga memudahkan truk penguras lumpur IPAL untuk beroperasi - Balai RT	- Masih ada keluarga yang tinggal di rumah yang merupakan balai RT sehingga pembangunan akan menunggu sewa tersebut habis	Rp 202,080,925

Alternatif	Kelebihan	Kekurangan	Biaya
	merupakan lahan milik RT 11 sehingga lebih mudah untuk proses alih fungsi lahan - Penanaman pipa bisa tidak terlalu dalam sehingga tidak akan menyulitkan dalam pekerjaan dan pembiayaan		
III	- Lahan bisa dimanfaatkan sebagai MCK++ sehingga bisa terbangun IPAL komunal dan renovasi WC umum yang sudah ada - Biaya jaringan SPAL paling murah	- Lokasi tidak dekat dengan gang atau jalan raya sehingga akan menyulitkan truk penguras lumpur IPAL untuk beroperasi - Lahan MCK merupakan milik individu sehingga akan lebih sulit untuk proses pindah tangan atau alih fungsi	Rp 197,789,998

### 5.2.8 Profil hidrolis

Profil hidrolis yang dibuat pada perencanaan ini adalah profil hidrolis pipa induk SPAL. Dalam membuat profil hidrolis, data-data yang diperlukan antara lain, elevasi muka tanah, elevasi penanaman pipa, diameter pipa, panjang pipa, *Hydraulic Grade Line* (HGL), dan *Energy Grade Line* (EGL). HGL pada profil hidrolis saluran terbuka sama dengan ketinggian air dalam pipa, dalam gambar dihitung saat kondisi air *peak*. Sedangkan EGL didapatkan melalui penambahan HGL dan  $V^2/2g$ . Gambar profil hidrolis perencanaan tercantum pada lampiran.

### 5.3 Perencanaan Bangunan Pengolahan Air Limbah

#### 5.3.1 Karakteristik air limbah

Karakteristik air limbah di effluen pipa air buangan rumah tangga di RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo, Kecamatan Wonokromo, Kota Surabaya, disajikan dalam Tabel berikut. Pengambilan sampel air limbah dilakukan pada Jumat, 14 November 2014, dengan metode *composite sampling*. Lokasi *sampling* dilakukan di tiga titik lokasi berbeda dan dilakukan pada jam antara 6 – 8 pagi. Pemilihan waktu tersebut didasarkan pada penggunaan air bersih cenderung pada puncaknya di pagi hari ketika masyarakat mandi pagi dan buang air besar. Pengujian sampel dilakukan di Laboratorium Manajemen Kualitas Lingkungan – ITS Surabaya.

Tabel 5. 13 Kualitas Air Limbah Rumah Tangga Campuran *Black Water* dan *Grey Water*

Parameter	Sampel			Rata - rata
	I	II	III	
TSS (mg/l)	104	250	302	218.67
BOD (mg/l)	58	154	96	102.67
COD (mg/l)	96	250	157	167.67
pH	7.55	7.15	7.7	7.47
Minyak & Lemak (mg/l)	12	30	18	20.00
E. Coli (MPN/100ml)	$17 \times 10^6$	$12 \times 10^8$	$36 \times 10^8$	$16.06 \times 10^8$

Hampir semua parameter yang diuji melebihi baku mutu air limbah yang diatur oleh pemerintah (kecuali nilai BOD pada sampel I) seperti yang tercantum pada Bab 2, Tabel 2.2.

#### 5.3.2 Perhitungan *mass balance*

Perhitungan neraca masa diperlukan untuk mengetahui apakah proses pengolahan air limbah yang akan dilakukan sudah mampu dan efektif mereduksi beban pencemar yang ada pada air limbah. Perhitungan neraca masa disajikan seperti berikut:

## Influen

Diketahui :

Qave	=	0.00037	m <sup>3</sup> /det	=	31.68	m <sup>3</sup> /hari
COD	=	167.67	mg/l	=	0.17	kg/m <sup>3</sup>
BOD	=	102.67	mg/l	=	0.10	kg/m <sup>3</sup>
TSS	=	218.67	mg/l	=	0.22	kg/m <sup>3</sup>

Perhitungan:

COD <sub>M</sub>	=	Q ave * COD	=	5.31	kg/hari
BOD <sub>M</sub>	=	Q ave * BOD	=	3.25	kg/hari
TSS <sub>M</sub>	=	Q ave * TSS	=	6.93	kg/hari

## Removal

COD <sub>M</sub>	=	85 % * COD <sub>M</sub>	=	4.51	kg/hari
COD	=	85 % * COD	=	142.52	mg/l
BOD <sub>M</sub>	=	85 % * BOD <sub>M</sub>	=	2.76	kg/hari
BOD	=	85 % * BOD	=	87.27	mg/l
TSS <sub>M</sub>	=	85 % * TSS <sub>M</sub>	=	5.89	kg/hari
TSS	=	85 % * TSS	=	185.87	mg/l

Kandungan solid dalam lumpur=  
1.20%

Qlumpur	=	Massa lumpur / (1000*1.02*1.2%)
	=	0.481 m <sup>3</sup> /hari

## Efluen

COD <sub>M</sub>	=	COD <sub>M</sub> in-COD <sub>M</sub> r	=	0.80	kg/hari
COD	=	COD in-COD r	=	25.15	mg/l



BOD <sub>M</sub>	=	BOD <sub>M</sub> in-BOD <sub>M</sub> r	=	0.49	kg/hari
BOD	=	BOD in-BOD r	=	15.40	mg/l
TSS <sub>M</sub>	=	TSS <sub>M</sub> in-TSS <sub>M</sub> r	=	1.04	kg/hari
TSS	=	TSS in-TSS r	=	32.80	mg/l
Q air limbah	=	Q <sub>ave</sub> in - Q <sub>lumpur</sub> r	=	31.20	m <sup>3</sup> /hari

### 1.3.3 Perhitungan bak pengumpul

Bak pengumpul digunakan sebagai wadah pengumpulan air limbah sebelum dipompa menuju ABR. Kapasitas efektif bak pengumpul sebaiknya tidak melebihi 10 menit pada desain rata-rata (KemenPU, 2013). Hal ini juga mencegah terjadinya pengendapan pada unit bak pengumpul.

Ditentukan,

$$Q_{\text{desain(peak)}} = 107.5 \text{ m}^3/\text{hari} \\ = 0.075 \text{ m}^3/\text{menit}$$

$$T_d = 10 \text{ menit}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume bak pengumpul} &= Q \times t_d \\ &= 0.075 \text{ m}^3/\text{menit} \times 10 \text{ menit} \\ &= 0.75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\text{Kedalaman bak pengumpul} = 1.5 \text{ m (ditentukan)}$$

$$\text{Panjang} = 0.7 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 0.7 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek volume} &= 1.5 \times 0.7 \times 0.7 \\ &= 0.735 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Cek } t_d &= 0.735 \text{ m}^3 / 0.075 \text{ m}^3/\text{menit} \\ &= 9.8 \text{ menit (memenuhi)} \end{aligned}$$

$$H_{\text{statik pompa}} = 3.5 \text{ m}$$

### 1.3.4 Perhitungan Anaerobic Baffled Reactor

#### A. Perencanaan Ruang Bafel

- Menentukan dimensi tiap kompartemen reaktor bafel

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Luas tiap bak upflow} &= \frac{\text{max. peak flow per hour}}{V_{up}} \\
 &= \frac{1.61 \text{ m}^3/\text{jam}}{1.6 \text{ m/jam}} \\
 &= 1.01 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

$$\text{➤ Kedalaman air (h) ditentukan} = 1.5 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Panjang tiap kompartemen} &= 50\% \times h \\
 \text{(upflow chamber)} &= 50\% \times 1.5 \text{ m} \\
 &= 0.75 \text{ m} \\
 \text{(downflow chamber)} &= 0.25 \text{ m (ditentukan)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Lebar tiap kompartemen} &= \frac{\text{luas}}{\text{panjang}} \\
 \text{(upflow chamber)} &= \frac{1.01 \text{ m}^2}{0.75 \text{ m}} \\
 &= 1.34 \text{ m} \approx 1.5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Kecepatan aktual aliran} &= \frac{\text{max. peak flow per hour}}{\text{panjang} \times \text{lebar}} \\
 &= \frac{1.61 \text{ m}^3/\text{jam}}{0.75 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}} \\
 &= 1.43 \text{ m/jam} \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

b. Menentukan jumlah kompartemen reaktor bafel

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Volume tiap kompartemen} &= (0.75 + 0.3) \text{ m} \times 1.5 \text{ m} \\
 &\quad \times 1.5 \text{ m} \\
 &= 2.3625 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Volume total reaktor} &= Q \times \text{HRT} \\
 &= 38.7 \text{ m}^3/\text{hari} \times 8.5 \text{ jam} \\
 &= 13.7 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{➤ Jumlah kompartemen} &= \frac{\text{volume total reaktor}}{\text{volume tiap kompartemen}} \\
 &= \frac{13.7 \text{ m}^3}{2.3625 \text{ m}^3} \\
 &= 5.8 \approx 6 \text{ buah}
 \end{aligned}$$

➤ Cek HRT

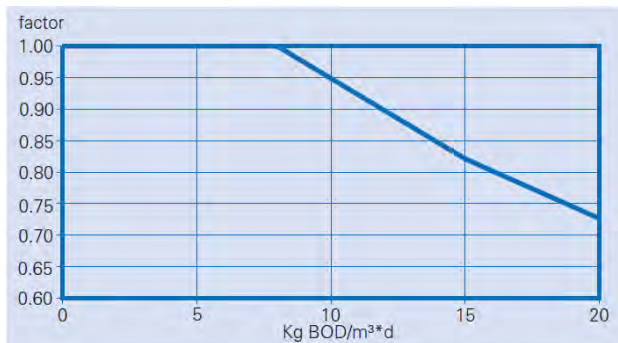
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{volume efektif}}{Q_{\text{design}}} \\
 &= \frac{2.3625 \text{ m}^3 \times 6 \times 95\%}{38.7 \text{ m}^3/\text{hari}} \\
 &= 8.35 \text{ jam} \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

➤ Cek OLR

$$\begin{aligned}
 &= \frac{Q_{\text{desain}} \times S_o}{\text{volume}} \\
 &= \frac{38.7 \frac{\text{m}^3}{\text{hari}} \times 167.7 \frac{\text{mg}}{\text{l}}}{14.175 \text{ m}^3} \\
 &= 0.46 \text{ kg COD/m}^3 \cdot \text{hari} \\
 &\text{(memenuhi)}
 \end{aligned}$$

c. Faktor BOD penurunan di dalam ruang bafel

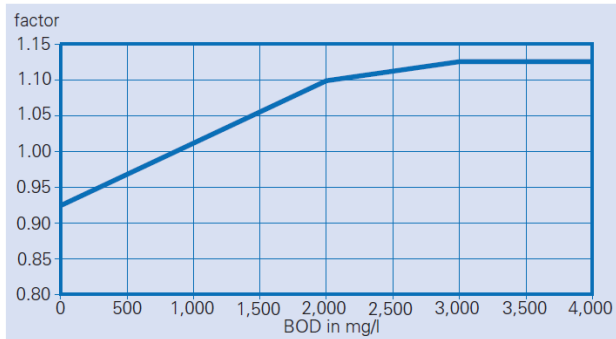
➤ Faktor overload = 1 (beban BOD<sub>5</sub> per hari < 8)



Gambar 5. 12 Faktor penyisihan BOD yang dipengaruhi oleh overloading organik reaktor bafel

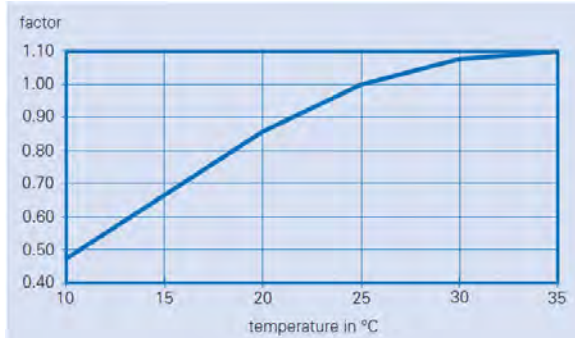
➤ Faktor strength

$$\begin{aligned}
 &= \left( \text{konsetrasi COD masuk} \right. \\
 &\quad \left. \text{bafel} \times \frac{0.17}{2000} \right) + 0.87 \\
 &= \left( 167.7 \text{ mg/l} \times \frac{0.17}{2000} \right) + 0.87 \\
 &= 0.88
 \end{aligned}$$



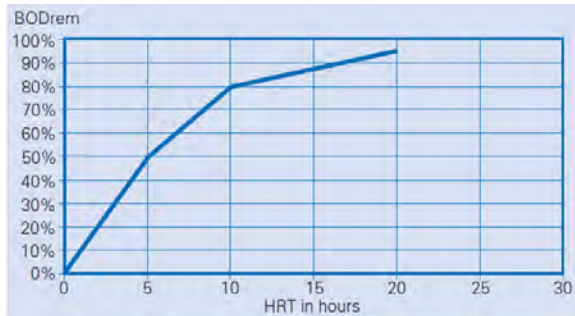
Gambar 5. 13 Penyisihan BOD dalam reaktor bafel sehubungan dengan konsentrasi air limbah

➤ Faktor temperatur 
$$= (\text{temperatur} - 25) \times \left(\frac{0.05}{5}\right) + 1$$
$$= (29 - 25) \times \left(\frac{0.08}{5}\right) + 1$$
$$= 1.06$$



Gambar 5. 14 Penyisihan COD sehubungan dengan temperatur pada reaktor anaerob

➤ Faktor HRT 
$$= (\text{HRT}_{\text{ABR}} - 5) \times \left(\frac{0.31}{5}\right) + 0,51$$
$$= (8.37 - 5) \times \left(\frac{0.31}{5}\right) + 0,51$$
$$= 71.91\%$$



Gambar 5. 15 Penyisihan COD sehubungan dengan HRT pada reaktor bafel

- Teori faktor penurunan COD
 
$$\begin{aligned}
 &= f_{\text{overload}} \times f_{\text{strength}} \times \\
 &\quad f_{\text{temperatur}} \times f_{\text{HRT}} \\
 &= 1.00 \times 0.88 \times 1.06 \times \\
 &\quad 71.91\% \\
 &= 67.65\%
 \end{aligned}$$
- Removal COD pada ABR
 
$$\begin{aligned}
 &= \text{Teori faktor} \\
 &\quad \text{penurunan COD} \times \\
 &\quad (\text{jumlah kompartemen} \\
 &\quad \times 0.04 + 0.82) \\
 &= 67.65\% \times (6 \times 0.04 + \\
 &\quad 0.82) \\
 &= 71.71\%
 \end{aligned}$$

#### B. Inlet

Inlet pipa yang menuju ABR merupakan pipa discharge pompa yang dipilih, yaitu 50 mm.

#### C. Outlet

$$Q = 38.7 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$V \text{ rencana} = 1 \text{ m/detik}$$

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{0.00045 \text{ m}^3/\text{detik}}{1 \text{ m/detik}} = 0.00045 \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$\text{Diameter pipa} = [(4 \times A)/\pi]^{1/2} = [(4 \times 0.00045)/3.14]^{1/2} = 24 \text{ mm}$$

## BAB 6

### **BILL OF QUANTITY ( BOQ) DAN RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)**

#### **6.1 BOQ**

*Bill of Quantity* (BOQ) merupakan salah satu bagian yang harus disajikan dalam pelaksanaan pekerjaan konstruksi. Fungsi BOQ adalah untuk menyajikan perkiraan harga yang bisa digunakan untuk penawaran tender. Dalam penyediaan pengolahan air limbah komunal serta jaringan perpipaan, perhitungan BOQ terdiri dari pekerjaan pembangunan IPAL dan jaringan perpipaan (SPAL).

##### **6.1.1 BOQ Perpipaan**

Jenis pipa yang digunakan pada jaringan perpipaan penyaluran air limbah yaitu pipa PVC Wavin Standar (AW). Pipa jenis ini merupakan pipa khusus air limbah. Kebutuhan pipa pada sistem perpipaan dicantumkan pada Tabel 6.1. Sedangkan jumlah sambungan (*socket*) yang diperlukan pada jaringan perpipaan dicantumkan pada Tabel 6.2.

Tabel 6. 1 Kebutuhan Pipa untuk Jaringan Perpipaan

No	Jalur pipa	Jenis pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	L pipa per batang (m)	Jumlah pipa (buah)	Jumlah sambungan pipa (buah)
Pipa Sekunder							
1	a - A	Servis	1.9	0.110	4	0.5	0
2	b - B	Servis	9.6	0.110	4	2.4	2
3	c - B	Servis	1.6	0.110	4	0.4	0
4	d - B	Servis	3.5	0.110	4	0.9	0
5	e' - C	Servis	2.7	0.110	4	0.7	0
6	e - C	Servis	1.3	0.110	4	0.3	0
7	f - C	Servis	4.8	0.110	4	1.2	1
8	g' - D	Servis	2.5	0.110	4	0.6	0
9	g - D	Servis	2.5	0.110	4	0.6	0
10	h' - E	Servis	6.2	0.110	4	1.6	1
11	h - E	Servis	3.2	0.110	4	0.8	0
12	h" - E	Servis	4.4	0.110	4	1.1	1

No	Jalur pipa	Jenis pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	L pipa per batang (m)	Jumlah pipa (buah)	Jumlah sambungan pipa (buah)
13	i - F	Servis	7.9	0.110	4	2.0	1
14	i' - F	Servis	4.2	0.110	4	1.1	1
15	i'' - F	Servis	4.0	0.110	4	1.0	0
16	i''' - F	Servis	7.3	0.110	4	1.8	1
17	j - G	Servis	2.7	0.110	4	0.7	0
18	k' - H	Servis	4.0	0.110	4	1.0	0
19	k - H	Servis	4.0	0.110	4	1.0	0
20	l' - I	Servis	7.0	0.110	4	1.8	1
21	l - I	Servis	2.4	0.110	4	0.6	0
22	l'' - I	Servis	3.4	0.110	4	0.9	0
23	m - J	Servis	1.9	0.110	4	0.5	0
24	u - P	Servis	2.2	0.110	4	0.6	0
25	t'' - O	Servis	4.8	0.110	4	1.2	1
26	t - O	Servis	1.6	0.110	4	0.4	0
27	t' - O	Servis	6.1	0.110	4	1.5	1
28	s'' - N	Servis	5.7	0.110	4	1.4	1
29	s - N	Servis	1.4	0.110	4	0.4	0
30	s' - N	Servis	5.4	0.110	4	1.4	1
31	r - M	Servis	2.9	0.110	4	0.7	0
32	r' - M	Servis	2.6	0.110	4	0.7	0
33	q' - L	Servis	9.0	0.110	4	2.3	2
34	q - L	Servis	5.8	0.110	4	1.5	1
35	p - L	Servis	0.8	0.110	4	0.2	0
36	p' - L	Servis	5.0	0.110	4	1.3	1
37	o' - K	Servis	9.5	0.110	4	2.4	2
38	o - K	Servis	5.2	0.110	4	1.3	1
39	n - K	Servis	0.7	0.110	4	0.2	0
40	n' - K	Servis	4.8	0.110	4	1.2	1
Pipa Primer							
41	A - B	Induk	16.0	0.160	4	4.0	3
42	B - C	Induk	10.0	0.160	4	2.5	2
43	C - D	Induk	14.0	0.160	4	3.5	3
44	D - E	Induk	19.8	0.160	4	5.0	4

No	Jalur pipa	Jenis pipa	Panjang pipa (m)	D (m)	L pipa per batang (m)	Jumlah pipa (buah)	Jumlah sambungan pipa (buah)
45	E - F	Induk	20.9	0.160	4	5.2	5
46	F - G	Induk	12.7	0.160	4	3.2	3
47	G - H	Induk	7.3	0.160	4	1.8	1
48	H - I	Induk	15.6	0.160	4	3.9	3
49	I - J	Induk	9.9	0.160	4	2.5	2
50	J - Z	Induk	3.3	0.160	4	0.8	0
51	P - O	Induk	11.0	0.160	4	2.8	2
52	O - N	Induk	14.6	0.160	4	3.7	3
53	N - M	Induk	16.3	0.160	4	4.1	4
54	M - L	Induk	20.3	0.160	4	5.1	5
55	L - K	Induk	19.0	0.160	4	4.8	4
56	K - Z	Induk	10.0	0.160	4	2.5	2
57	Z - IPAL	Induk	2.0	0.160	4	0.5	0

Tabel 6. 2 Jumlah Sambungan Pipa yang Diperlukan

No	Diameter (mm)	Jumlah sambungan (buah)	Isi per box	Jumlah box (buah)
1	114	21	12	1.75
2	165	46	4	11.50

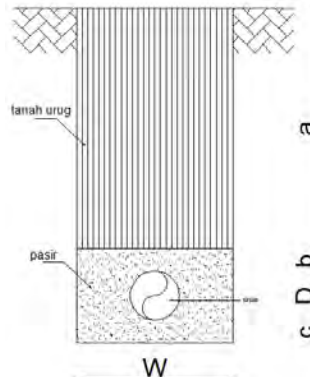
### 6.1.2 BOQ Penanaman pipa

Penggalian tanah untuk penanaman pipa dilakukan berdasarkan perhitungan penanaman pipa pada bab sebelumnya. Penanaman pipa dari muka tanah diilustrasikan pada Gambar 6.1 dengan nilai a, b, c, dan W sesuai dengan standar urugan galian yang diperkenankan oleh Departemen Pekerjaan Umum. Sedangkan nilai D merupakan diameter pipa. Perhitungan BOQ galian pipa adalah sebagai berikut:

- D = diameter pipa
- h = kedalaman penanaman pipa



- $h_1$  = kedalaman penanaman pipa awal
- $h_2$  = kedalaman penanaman pipa akhir
- $y$  = kedalaman galian =  $h + D + c$
- $y_1$  = kedalaman galian awal
- $y_2$  = kedalaman galian akhir



Gambar 6. 1 Galian Pipa Penyaluran Air Limbah

Perhitungan galian pipa lebih lengkap bisa dilihat pada Tabel 6.3.

- $x = y_2 - y_1, z = ((y_1^2) + (L \text{ pipa}^2))^{1/2}$
- Volume galian I =  $[(0.3 \times 2) + D] \times (y_1) \times (Ld)$
- Volume galian II =  $\frac{1}{2} [(0.3 \times 2) + D] \times (x) \times (Ld)$
- Volume galian total = Volume galian I + Volume galian II
- Volume pipa =  $\frac{1}{4} \pi D^2 \times Ld$
- Volume urugan pasir =  $[D + (0,3 \times 2)] \times (b + D + c) \times Ld -$   
Volume pipa
- Volume Sisa Tanah Galian = Volume galian total – Volume  
urugan pasir

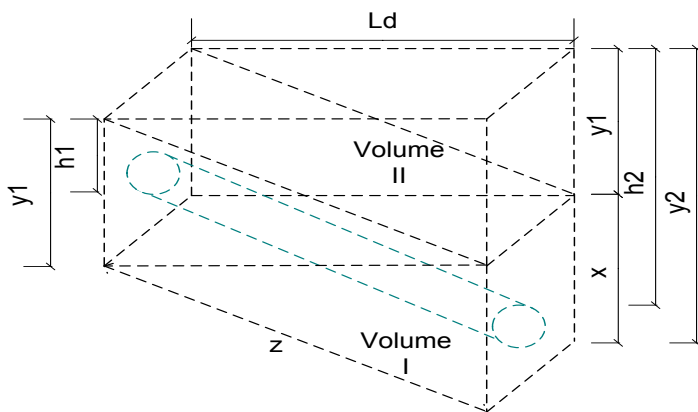
Tabel 6. 3 BOQ Penanaman Pipa

Jalur pipa	L pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman Galian		X (m)	Z (m)	Vol. galian (m³)		Vol. galian total (m³)	Vo. pipa (m³)	Vol. urugan pasir (m³)	Vol. sisa tanah galian (m³)
			h1 (m)	h2 (m)	y1 (m)	y2 (m)			I	II				
a - A	1.9	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.0	2.3	2.3	0.0	2.3	0.0	0.5	1.9
A - B	16.0	0.165	1.2	1.2	1.5	1.5	0.0	16.1	18.7	0.1	18.7	0.3	4.1	14.6
b - B	9.6	0.114	1.1	1.3	1.4	1.6	0.2	9.7	9.5	0.7	10.2	0.1	2.3	7.9
c - B	1.6	0.114	1.1	1.1	1.4	1.4	0.0	2.1	2.1	0.0	2.1	0.0	0.4	1.7
d - B	3.5	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.1	3.8	3.7	0.1	3.8	0.0	0.8	3.0
B - C	10.0	0.165	1.4	1.4	1.7	1.7	0.0	10.1	13.0	0.0	13.0	0.2	2.6	10.4
e' - C	2.7	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.1	3.0	3.0	0.1	3.0	0.0	0.6	2.4
e - C	1.3	0.114	1.1	1.1	1.4	1.4	0.0	1.9	1.9	0.0	1.9	0.0	0.3	1.6
f - C	4.8	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	5.0	4.9	0.2	5.1	0.0	1.1	3.9
C - D	12.7	0.165	1.4	2.5	1.7	2.8	1.1	12.8	16.4	5.5	21.9	0.3	3.3	18.6
g' - D	2.5	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.0	2.9	2.8	0.0	2.9	0.0	0.6	2.3
g - D	2.5	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.0	2.9	2.8	0.0	2.9	0.0	0.6	2.3
D - E	9.9	0.165	2.5	2.3	2.8	2.6	0.0	10.3	22.0	0.0	22.0	0.2	2.6	19.5
h' - E	6.2	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	6.4	6.2	0.3	6.5	0.1	1.5	5.0
h - E	3.2	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.1	3.5	3.4	0.1	3.5	0.0	0.8	2.7
h" - E	4.4	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	4.6	4.5	0.1	4.7	0.0	1.0	3.6
E - F	20.9	0.165	2.3	2.1	2.6	2.4	0.0	21.1	41.9	0.0	41.9	0.4	5.4	36.5
i - F	7.9	0.114	1.1	1.3	1.4	1.5	0.2	8.0	7.9	0.4	8.3	0.1	1.9	6.5
i' - F	4.2	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	4.4	4.3	0.1	4.5	0.0	1.0	3.5

Jalur pipa	L pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman Galian		X (m)	Z (m)	Vol. galian (m³)		Vol. galian total (m³)	Vo. pipa (m³)	Vol. urugan pasir (m³)	Vol. sisa tanah galian (m³)
			h1 (m)	h2 (m)	y1 (m)	y2 (m)			I	II				
i" - F	4.0	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	4.2	4.2	0.1	4.3	0.0	1.0	3.3
i''' - F	7.3	0.114	1.1	1.3	1.4	1.5	0.1	7.4	7.3	0.4	7.7	0.1	1.7	6.0
F - G	3.3	0.165	2.1	1.9	2.4	2.2	0.0	4.1	7.5	0.0	7.5	0.1	0.9	6.7
j - G	2.7	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.1	3.0	3.0	0.1	3.0	0.0	0.6	2.4
G - H	7.3	0.165	1.9	1.9	2.2	2.2	0.0	7.6	13.1	0.0	13.1	0.2	1.9	11.2
k' - H	4.0	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	4.2	4.2	0.1	4.3	0.0	1.0	3.3
k - H	4.0	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	4.2	4.2	0.1	4.3	0.0	1.0	3.3
H - I	3.3	0.165	1.9	1.9	2.2	2.2	0.0	4.0	6.7	0.0	6.8	0.1	0.9	5.9
I' - I	7.0	0.114	1.1	1.3	1.4	1.5	0.1	7.1	7.0	0.3	7.4	0.1	1.7	5.7
I - I	2.4	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.0	2.8	2.7	0.0	2.8	0.0	0.6	2.2
I" - I	3.4	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.1	3.7	3.6	0.1	3.7	0.0	0.8	2.9
I - J	11.0	0.165	1.9	2.0	2.2	2.4	0.1	11.2	19.3	0.5	19.8	0.2	2.8	16.9
m - J	1.9	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.0	2.3	2.3	0.0	2.3	0.0	0.5	1.9
J - Z	16.3	0.165	2.0	2.3	2.4	2.6	0.3	16.5	29.7	1.6	31.3	0.3	4.2	27.1
u - P	2.2	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.0	2.6	2.6	0.0	2.6	0.0	0.5	2.1
P - O	19.0	0.165	1.2	1.3	1.5	1.6	0.1	19.1	22.2	0.7	22.9	0.4	4.9	18.0
t" - O	4.8	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	5.0	4.9	0.2	5.1	0.0	1.1	3.9
t - O	1.6	0.114	1.1	1.1	1.4	1.4	0.0	2.1	2.1	0.0	2.1	0.0	0.4	1.7
t' - O	6.1	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	6.3	6.2	0.3	6.4	0.1	1.5	5.0
O - N	14.6	0.165	1.3	1.3	1.6	1.6	0.0	14.7	18.1	0.0	18.1	0.3	3.8	14.4
s" - N	5.7	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	5.9	5.8	0.2	6.0	0.1	1.4	4.6

Jalur pipa	L pipa (m)	D (m)	Kedalaman		Kedalaman Galian		X (m)	Z (m)	Vol. galian (m³)		Vol. galian total (m³)	Vo. pipa (m³)	Vol. urugan pasir (m³)	Vol. sisa tanah galian (m³)
			h1 (m)	h2 (m)	y1 (m)	y2 (m)			I	II				
s - N	1.4	0.114	1.1	1.1	1.4	1.4	0.0	2.0	1.9	0.0	1.9	0.0	0.3	1.6
s' - N	5.4	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	5.6	5.5	0.2	5.7	0.1	1.3	4.4
N - M	19.0	0.165	1.3	1.4	1.6	1.7	0.1	19.1	23.5	0.7	24.1	0.4	4.9	19.2
r - M	2.9	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.1	3.2	3.2	0.1	3.2	0.0	0.7	2.5
r' - M	2.6	0.114	1.1	1.2	1.4	1.4	0.1	2.9	2.9	0.0	2.9	0.0	0.6	2.3
M - L	20.3	0.165	1.4	1.5	1.7	1.9	0.2	20.4	26.5	1.2	27.7	0.4	5.2	22.5
q' - L	9.0	0.114	1.1	1.3	1.4	1.6	0.2	9.1	9.0	0.6	9.5	0.1	2.1	7.4
q - L	5.8	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	6.0	5.9	0.2	6.1	0.1	1.4	4.7
p - L	0.8	0.114	1.1	1.1	1.4	1.4	0.0	1.6	1.6	0.0	1.6	0.0	0.2	1.4
p' - L	5.0	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	5.2	5.1	0.2	5.3	0.1	1.2	4.1
L - K	19.0	0.165	1.5	1.7	1.9	2.0	0.2	19.1	27.1	1.4	28.4	0.4	4.9	23.5
o' - K	9.5	0.114	1.1	1.3	1.4	1.6	0.2	9.6	9.4	0.6	10.1	0.1	2.3	7.8
o - K	5.2	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	5.4	5.3	0.2	5.5	0.1	1.2	4.2
n - K	0.7	0.114	1.1	1.1	1.4	1.4	0.0	1.5	1.5	0.0	1.5	0.0	0.2	1.4
n' - K	4.8	0.114	1.1	1.2	1.4	1.5	0.1	5.0	4.9	0.2	5.1	0.0	1.1	3.9
K - Z	10.0	0.165	1.7	1.9	2.0	2.2	0.2	10.2	16.0	0.8	16.7	0.2	2.6	14.1
Z - IPAL	2.0	0.165	2.3	2.3	2.6	2.6	0.0	3.3	6.6	0.0	6.6	0.0	0.5	6.1

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



Gambar 6. 2 Bentuk Galian Pipa Pada Saluran

### 6.1.3 BOQ Bangunan pelengkap

Bangunan pelengkap yang digunakan pada jaringan perpipaan antara lain, bak kontrol, *house inlet* dan pompa. Jumlah bak kontrol yang diperlukan tercantum pada Tabel 6.4. Total jumlah bak kontrol yang diperlukan adalah 17 buah. Sedangkan jumlah *box house inlet* adalah 40 buah.

Tabel 6. 4 BOQ dan Jumlah Bak Kontrol yang Diperlukan

Jalur Pipa	L Pipa (m)	D terpa kai (mm)	Jarak Antar Bak Kontrol (m)	Jumlah IC yang Digunakan	Nama Insp. Chamber (IC)	Vol. Galian ( $m^3$ )	Vol. Bak Kontrol ( $m^3$ )
A - B	16.00	160	20	1	IC-A	1.64	0.34
B - C	10.00	160	20	1	IC-B	1.82	0.38
C - D	14.00	160	20	1	IC-C	1.82	0.38
D - E	19.80	160	20	1	IC-D	3.19	0.66
E - F	20.90	160	20	1	IC-E	2.94	0.61
F - G	12.70	160	20	1	IC-F	2.71	0.56

Jalur Pipa	L Pipa (m)	D terpa kai (mm)	Jarak Antar Bak Kontrol (m)	Jumlah IC yang Digunakan	Nama Insp. Chamber (IC)	Vol. Galian (m <sup>3</sup> )	Vol. Bak Kontrol (m <sup>3</sup> )
G - H	7.30	160	20	1	IC-G	2.51	0.52
H - I	15.60	160	20	1	IC-H	2.48	0.51
I - J	9.90	160	20	1	IC-I	2.52	0.52
J - Z	3.30	160	20	1	IC-J	2.65	0.55
P - O	11.00	160	20	1	IC-P	1.64	0.34
O - N	14.60	160	20	1	IC-O	1.75	0.36
N - M	16.30	160	20	1	IC-N	1.75	0.36
M - L	20.30	160	20	1	IC-M	1.86	0.38
L - K	19.00	160	20	1	IC-L	2.04	0.42
K - Z	10.00	160	20	1	IC-K	2.27	0.47
Z - IPAL	2.00	160	20	1	IC-Z	2.97	0.61

#### 6.1.4 BOQ Tenaga kerja

Volume pekerjaan dihitung berdasarkan pada kemampuan pekerja dalam menyelesaikan pekerjaannya dalam satuan per meter persegi atau meter kubik. Tenaga kerja terdiri dari tenaga lapangan (kuli) dan tenaga pengawas (mandor). Untuk penggalian lahan dan pembuatan saluran, maka diperlukan tenaga kerja dengan ketentuan seperti pada Tabel 6.5. Selanjutnya dari perhitungan total volume pada BOQ penanaman pipa dan indeks satuan didapatkan nilai BOQ tenaga kerja dan peralatan (Tabel 6.6). Sebagai contoh perhitungan untuk pekerjaan penggalian tanah:

- Jumlah indeks tenaga lapangan = indeks satuan tenaga lapangan x volume galian tanah  
 $= 0.75 \times 2.34$   
 $= 1.75 \text{ oh}$
- Jumlah indeks tenaga pengawas = indeks satuan tenaga

Tabel 6. 5 BOQ Tenaga Kerja dan Peralatan yang Diperlukan

Jalur pipa	L pipa (m)	Vol. galian total (m <sup>3</sup> )	Jumlah tenaga lapangan (oh)	Jumlah tenaga pengawas (oh)	Vol. urugan pasir (m <sup>3</sup> )	Jumlah tenaga lapangan (oh)	Jumlah tenaga pengawas (oh)	Vol. sisa tanah galian (m <sup>3</sup> )	Jumlah tenaga lapangan (oh)	Jumlah tenaga pengawas (oh)
a - A	1.9	2.34	1.75	0.06	0.45	0.14	0.00	1.88	0.56	0.02
A - B	16.0	18.72	14.04	0.47	4.12	1.24	0.04	14.60	4.38	0.15
b - B	9.6	10.20	7.65	0.26	2.29	0.69	0.02	7.91	2.37	0.08
c - B	1.6	2.10	1.57	0.05	0.38	0.11	0.00	1.71	0.51	0.02
d - B	3.5	3.79	2.84	0.09	0.83	0.25	0.01	2.95	0.89	0.03
B - C	10.0	12.97	9.73	0.32	2.58	0.77	0.03	10.39	3.12	0.10
e' - C	2.7	3.03	2.28	0.08	0.64	0.19	0.01	2.39	0.72	0.02
e - C	1.3	1.88	1.41	0.05	0.31	0.09	0.00	1.57	0.47	0.02
f - C	4.8	5.08	3.81	0.13	1.14	0.34	0.01	3.93	1.18	0.04
C - D	12.7	21.86	16.39	0.55	3.27	0.98	0.03	18.59	5.58	0.19
g' - D	2.5	2.85	2.14	0.07	0.60	0.18	0.01	2.26	0.68	0.02
g - D	2.5	2.85	2.14	0.07	0.60	0.18	0.01	2.26	0.68	0.02
D - E	9.9	22.03	16.52	0.55	2.55	0.77	0.03	19.48	5.84	0.19
h' - E	6.2	6.52	4.89	0.16	1.48	0.44	0.01	5.05	1.51	0.05
h - E	3.2	3.50	2.63	0.09	0.76	0.23	0.01	2.74	0.82	0.03
h" - E	4.4	4.67	3.51	0.12	1.05	0.31	0.01	3.63	1.09	0.04
E - F	20.9	41.86	31.39	1.05	5.38	1.62	0.05	36.47	10.94	0.36
i - F	7.9	8.34	6.25	0.21	1.88	0.56	0.02	6.45	1.94	0.06



Jalur pipa	L pipa (m)	Vol. galian total (m³)	Jumlah tenaga lapang an (oh)	Jumlah tenaga pengaw as (oh)	Vol. uruga n pasir (m³)	Jumlah tenaga lapangan (oh)	Jumlah tenaga pengaw as (oh)	Vol. sisa tanah galian (m³)	Jumlah tenaga lapang an (oh)	Jumlah tenaga penga was (oh)
i' - F	4.2	4.48	3.36	0.11	1.00	0.30	0.01	3.47	1.04	0.03
i" - F	4.0	4.28	3.21	0.11	0.95	0.29	0.01	3.32	1.00	0.03
i''' - F	7.3	7.69	5.77	0.19	1.74	0.52	0.02	5.95	1.79	0.06
F - G	3.3	7.52	5.64	0.19	0.85	0.26	0.01	6.67	2.00	0.07
j - G	2.7	3.03	2.28	0.08	0.64	0.19	0.01	2.39	0.72	0.02
G - H	7.3	13.08	9.81	0.33	1.88	0.56	0.02	11.20	3.36	0.11
k' - H	4.0	4.28	3.21	0.11	0.95	0.29	0.01	3.32	1.00	0.03
k - H	4.0	4.28	3.21	0.11	0.95	0.29	0.01	3.32	1.00	0.03
H - I	3.3	6.77	5.08	0.17	0.85	0.26	0.01	5.92	1.78	0.06
I' - I	7.0	7.37	5.53	0.18	1.67	0.50	0.02	5.70	1.71	0.06
I - I	2.4	2.76	2.07	0.07	0.57	0.17	0.01	2.19	0.66	0.02
I" - I	3.4	3.69	2.77	0.09	0.81	0.24	0.01	2.88	0.86	0.03
I - J	11.0	19.75	14.81	0.49	2.83	0.85	0.03	16.92	5.08	0.17
m - J	1.9	2.34	1.75	0.06	0.45	0.14	0.00	1.88	0.56	0.02
J - Z	16.3	31.32	23.49	0.78	4.20	1.26	0.04	27.12	8.14	0.27
u - P	2.2	2.59	1.94	0.06	0.52	0.16	0.01	2.06	0.62	0.02
P - O	19.0	22.88	17.16	0.57	4.89	1.47	0.05	17.98	5.39	0.18
t" - O	4.8	5.08	3.81	0.13	1.14	0.34	0.01	3.93	1.18	0.04
t - O	1.6	2.10	1.57	0.05	0.38	0.11	0.00	1.71	0.51	0.02
t' - O	6.1	6.42	4.81	0.16	1.45	0.44	0.01	4.97	1.49	0.05
O - N	14.6	18.14	13.60	0.45	3.76	1.13	0.04	14.38	4.31	0.14

Jalur pipa	L pipa (m)	Vol. galian total (m³)	Jumlah tenaga lapang an (oh)	Jumlah tenaga pengaw as (oh)	Vol. uruga n pasir (m³)	Jumlah tenaga lapangan (oh)	Jumlah tenaga pengaw as (oh)	Vol. sis tanah galian (m³)	Jumlah tenaga lapang an (oh)	Jumlah tenaga penga was (oh)
s" - N	5.7	6.00	4.50	0.15	1.36	0.41	0.01	4.64	1.39	0.05
s - N	1.4	1.95	1.46	0.05	0.33	0.10	0.00	1.61	0.48	0.02
s' - N	5.4	5.69	4.27	0.14	1.29	0.39	0.01	4.41	1.32	0.04
N - M	19.0	24.14	18.10	0.60	4.89	1.47	0.05	19.24	5.77	0.19
r - M	2.9	3.22	2.41	0.08	0.69	0.21	0.01	2.53	0.76	0.03
r' - M	2.6	2.94	2.21	0.07	0.62	0.19	0.01	2.32	0.70	0.02
M - L	20.3	27.68	20.76	0.69	5.23	1.57	0.05	22.45	6.74	0.22
q' - L	9.0	9.54	7.15	0.24	2.14	0.64	0.02	7.39	2.22	0.07
q - L	5.8	6.11	4.58	0.15	1.38	0.41	0.01	4.72	1.42	0.05
p - L	0.8	1.57	1.18	0.04	0.19	0.06	0.00	1.38	0.41	0.01
p' - L	5.0	5.28	3.96	0.13	1.19	0.36	0.01	4.09	1.23	0.04
L - K	19.0	28.44	21.33	0.71	4.89	1.47	0.05	23.55	7.06	0.24
o' - K	9.5	10.09	7.57	0.25	2.26	0.68	0.02	7.83	2.35	0.08
o - K	5.2	5.49	4.11	0.14	1.24	0.37	0.01	4.25	1.27	0.04
n - K	0.7	1.52	1.14	0.04	0.17	0.05	0.00	1.36	0.41	0.01
n' - K	4.8	5.08	3.81	0.13	1.14	0.34	0.01	3.93	1.18	0.04
K - Z	10.0	16.72	12.54	0.42	2.58	0.77	0.03	14.14	4.24	0.14
Z - IPAL	2.0	6.62	4.96	0.17	0.52	0.15	0.01	6.10	1.83	0.06
Total		522.50	391.87	13.06	94.95	28.48	0.95	427.55	128.26	4.28

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

$$\begin{aligned}
 & \text{pengawas} \times \text{volume} \\
 & \text{galian tanah} \\
 & = 0.025 \times 2.34 \\
 & = 0.06 \text{ oh}
 \end{aligned}$$

Sehingga dalam perhitungan RAB nantinya nilai ini akan dikalikan harga satuan untuk didapatkan jumlah biaya per pekerjaan. Perhitungan BOQ tenaga kerja untuk IPAL digabung dengan perhitungan RAB pada sub-bab selanjutnya.

Tabel 6. 6 Indeks Satuan Pekerjaan Jaringan Perpipaan

No	Bidang	Indeks Satuan (oh)
1	penggalan tanah / m <sup>3</sup>	
	kuli / tenaga lapangan	0.75
	mandor / tenaga pengawas	0.025
2	pengurugan pasir / m <sup>3</sup>	
	kuli / tenaga lapangan	0.3
	mandor / tenaga pengawas	0.01
3	pengurugan tanah kembali dgn pemadatan / m <sup>3</sup>	
	kuli / tenaga lapangan	0.3
	mandor / tenaga pengawas	0.01
4	pemasangan pipa PVC 110 mm	
	pembantu tukang	0.15
	tukang pipa	0.013
5	pemasangan pipa PVC 160 mm	
	pembantu tukang	0.15
	tukang pipa	0.013
6	pembuatan bak kontrol	
	upah galian tanah cadas/rabat (/m <sup>3</sup> )	0.21
	upah box (/m <sup>3</sup> )	0.077

## **6.2 RAB**

Rencana Anggaran Biaya (RAB) disusun dengan tujuan untuk menetapkan jumlah total biaya pekerjaan yang menguraikan masing masing item pekerjaan IPAL komunal dan jaringan perpipaan yang akan dibangun. Perhitungan ini menjadi dasar untuk menunjukan/ pemilihan kontraktor pelaksana. Selain itu, peralatan yang dibutuhkan dalam pelaksanaan pekerjaan akan diuraikan dalam estiamsi biaya yang ada sesuai dengan Harga Satuan Pokok Kegiatan (HSPK) Kota Surabaya tahun 2014. Pada perencanaan penyediaan pengolahan air limbah komunal di RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo Kota Surabaya ini, RAB yang diperlukan terdiri dari RAB jaringan perpipaan (SPAL) dan IPAL.

### **6.2.1 RAB SPAL**

RAB jaringan perpipaan air limbah terdiri dari pekerjaan penggalian tanah, pengurugan pasir, pengurugan tanah kembali dengan pemadatan, pemasangan pipa, dan pembuatan bak kontrol. Harga satuan untuk tiap pekerjaan sesuai dengan HSPK Kota Surabaya tahun 2014. Contoh harga satuan pekerjaan adalah sebagai berikut:

- Penggalian tanah/m<sup>3</sup> = Rp 73,788
- Pengurugan pasir/m<sup>3</sup> = Rp 181,315
- Pengurugan tanah kembali dengan pemadatan/m<sup>3</sup>=Rp 181,315
- Peasangan pipa PVC/m = Rp 15,452
- Pembuatan bak kontrol/m<sup>3</sup> = Rp 189,715

Pada Tabel 6.7 dicantumkan rekapitulasi rencana anggaran biaya penggalian dan penanaman pipa serta pembuatan bak kontrol (Tabel 6.8) dari ketiga alternatif SPAL yang dibuat.

### **6.2.2 RAB IPAL**

Rencana anggaran biaya IPAL komunal terdiri dari pekerjaan persiapan dan tanah, pekerjaan beton dan pondasi, pekerjaan finishing, serta pipa dan aksesoris. Sebelum menuju IPAL, air limbah ditampung dahulu pada bak kumpul lalu dipompa menuju IPAL. Rekapitulasi RAB IPAL dan bak pengumpul disajikan pada Tabel 6.9.

Tabel 6. 7 RAB Penggalan dan Penanaman Pipa

No. Alternatif	Volume galian (m³)	Harga satuan / m³ (Rp)		Jumlah harga (Rp)		Volume urugan pasir (m³)	Harga satuan / m³ (Rp)		Jumlah harga (Rp)		
1	603.49	Rp	73,788	Rp	44,529,937	94.69	Rp	181,315	Rp	17,168,464	
2	522.50	Rp	73,788	Rp	38,553,642	94.95	Rp	181,315	Rp	17,215,322	
3	509.79	Rp	73,788	Rp	37,615,927	90.05	Rp	181,315	Rp	16,327,340	
No. Alternatif	Volume sisa tanah galian (m³)	Harga satuan / m³ (Rp)		Jumlah harga (Rp)		L pipa 4" yang dibutuhkan (m)	Harga satuan / m (Rp)		Jumlah harga (Rp)		
1	508.80	Rp	181,315	Rp	92,253,126	166.5	Rp	15,452	Rp	2,572,791	
2	427.55	Rp	181,315	Rp	77,520,962	166.5	Rp	15,452	Rp	2,572,791	
3	419.74	Rp	181,315	Rp	76,104,735	160.0	Rp	15,452	Rp	2,472,352	
No. Alternatif	L pipa 6" yang dibutuhkan (m)	Harga satuan/m (Rp)		Jumlah harga (Rp)		Volume sisa tanah diangkut (m³)	Harga satuan / m³ (Rp)		Jumlah harga (Rp)		Total Biaya (Rp)
1	222.7	Rp	15,452	Rp	3,441,205	94.7	Rp	23,600	Rp	2,311,841	Rp162,277,363
2	222.7	Rp	15,452	Rp	3,441,205	94.9	Rp	23,600	Rp	2,317,940	Rp141,621,862

3	222.7	Rp 15,452	Rp 3,441,205	90.0	Rp 23,600	Rp 2,202,360	Rp138,163,919
---	-------	-----------	--------------	------	-----------	--------------	---------------

Tabel 6. 8 RAB Pembuatan Bak Kontrol

Alternatif	Jumlah Bak Kontrol	Volume galian (m <sup>3</sup> )	Harga Satuan / m <sup>3</sup> (Rp)	Jumlah harga (Rp)	Volume bak kontrol (m <sup>3</sup> )	Harga satuan / m <sup>3</sup> (Rp)	Jumlah harga (Rp)
1	56	106.08	Rp 28,788Rp	3,053,972	21.92	Rp 160,926.23Rp	3,527,181
2	57	97.92	Rp 28,788Rp	2,818,981	20.23	Rp 160,926.23Rp	3,255,779
3	57	99.64	Rp 28,788Rp	2,868,480	20.59	Rp 160,926.23Rp	3,312,948

Alternatif	Volume sisa tanah galian (m <sup>3</sup> )	Harga satuan/m <sup>3</sup> (Rp)	Jumlah harga (Rp)	Harga bahan (Rp)	Jumlah harga (Rp)	Total Biaya (Rp)
1	84.17	Rp 181,315	Rp 15,260,399	Rp 300,000	Rp 16,800,000	Rp 38,641,552
2	77.69	Rp 181,315	Rp 14,086,174	Rp 300,000	Rp 17,100,000	Rp 37,260,934
3	79.05	Rp 181,315	Rp 14,333,516	Rp 300,000	Rp 17,100,000	Rp 37,614,945

Tabel 6. 9 RAB IPAL

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
<b>Pekerjaan Persiapan dan Tanah</b>					
1	Pembersihan lapangan "ringan" dan	m <sup>2</sup>	13.3	Rp 7,708	Rp 102,516

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
	perataan						
2	Penggalan tanah konstruksi biasa	m <sup>3</sup>	34.58	Rp	73,788	Rp	2,551,572
3	Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1 m	m <sup>3</sup>	34.58	Rp	15,056	Rp	520,636
4	Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m <sup>3</sup>	13.3	Rp	11,899	Rp	158,257
5	Pembongkaran paving	m <sup>2</sup>	13.3	Rp	38,137	Rp	507,222
	Total Pekerjaan Persiapan dan Tanah					Rp	3,840,203
	<b>Pekerjaan Beton dan Pondasi</b>						
1	Pemasangan batu kali	m <sup>3</sup>	3.99	Rp	706,656	Rp	2,819,557
2	Pengurugan pasir	m <sup>3</sup>	1.33	Rp	181,315	Rp	241,149
3	Pekerjaan lantai kerja 1:3:5	m <sup>3</sup>	2.00	Rp	898,284	Rp	1,792,077
4	Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m <sup>3</sup>	1.60	Rp	3,814,265	Rp	6,087,567
5	Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi + bekisting)	m <sup>3</sup>	0.0135	Rp	4,674,604	Rp	63,107
6	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)	m <sup>3</sup>	4.95	Rp	5,214,289	Rp	25,810,731
7	Pekerjaan sekat dinding beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m <sup>3</sup>	1.2	Rp	4,896,735	Rp	5,876,082
8	Pekerjaan plat tutup beton	m <sup>3</sup>	1.47	Rp	2,089,951	Rp	3,080,065
9	Pekerjaan cor tutup beton	m <sup>3</sup>	1.47	Rp	3,344,485	Rp	4,928,935



No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
10	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + Bekisting)	m <sup>3</sup>	0.18	Rp	4,961,449	Rp	893,061
Total Pekerjaan Beton dan Pondasi						Rp	51,592,330
<b>Pekerjaan Finishing</b>							
1	Pembongkaran kayu	m <sup>3</sup>	7.94	Rp	715,308	Rp	5,679,188
2	Plesteran halus 1 Pc : 1 Ps tebal 1.5 cm	m <sup>2</sup>	106.455	Rp	67,404	Rp	7,175,493
3	Pelapisan <i>waterproofing</i>	m <sup>2</sup>	106.455	Rp	37,372	Rp	3,978,436
Total Pekerjaan Finishing						Rp	16,833,117
<b>Pipa dan aksesoris</b>							
1	Pipa Ø110 mm	buah	1	Rp	256,080	Rp	256,080
2	Tee 4"	box	1	Rp	77,150	Rp	77,150
Total Pipa dan Aksesoris						Rp	333,230
TOTAL						Rp	72,598,881

Tabel 6. 10 RAB Bak Pengumpul

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
Pekerjaan Persiapan dan Tanah							
1	Pembersihan lapangan "ringan" dan perataan	m <sup>2</sup>	2.56	Rp	7,708	Rp	19,732

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
2	Penggalian tanah konstruksi biasa	m <sup>3</sup>	7.68	Rp	520,636	Rp	3,998,488
3	Pengangkutan tanah dari lubang galian dalamnya lebih dari 1 m	m <sup>3</sup>	3	Rp	15,056	Rp	45,168
4	Pengurugan tanah kembali untuk konstruksi	m <sup>3</sup>	4.68	Rp	11,899	Rp	55,687
5	Pembongkaran paving	m <sup>2</sup>	2.56	Rp	38,137	Rp	97,631
Total Pekerjaan Persiapan dan Tanah						Rp	4,216,707
<b>Pekerjaan Beton dan Pondasi</b>							
1	Pemasangan batu kali	m <sup>3</sup>	0.768	Rp	706,656	Rp	542,712
2	Pengurugan pasir	m <sup>3</sup>	0.256	Rp	181,315	Rp	46,417
3	Pekerjaan lantai kerja 1:3:5	m <sup>3</sup>	0.38	Rp	898,284	Rp	344,941
4	Pekerjaan pondasi beton bertulang (150 kg besi + bekisting)	m <sup>3</sup>	0.38	Rp	3,814,265	Rp	1,464,678
5	Pekerjaan sloof beton bertulang (200 kg besi + bekisting)	m <sup>3</sup>	0.014	Rp	4,674,604	Rp	63,107
6	Pekerjaan dinding beton bertulang (200 kg besi + bekisting)	m <sup>3</sup>	2.88	Rp	5,214,289	Rp	15,017,152
7	Pekerjaan plat tutup beton	m <sup>3</sup>	0.07	Rp	2,089,951	Rp	153,611
8	Pekerjaan cor tutup beton	m <sup>3</sup>	0.07	Rp	3,344,485	Rp	245,820
9	Pekerjaan kolom beton bertulang (150 kg besi + Bekisting)	m <sup>3</sup>	0.27	Rp	4,961,449	Rp	1,339,591
Total Pekerjaan Beton dan Pondasi						Rp	19,218,029

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)		Jumlah Harga (Rp)	
Pekerjaan Finishing							
1	Pembongkaran kayu	m <sup>3</sup>	3.55	Rp	715,308	Rp	2,537,555
2	Plesteran halus 1 Pc : 1 Ps tebal 1.5 cm	m <sup>2</sup>	9.87	Rp	67,404	Rp	665,277
3	Pelapisan <i>waterproofing</i>	m <sup>2</sup>	9.87	Rp	37,372	Rp	368,862
Total Pekerjaan Finishing						Rp	3,571,694
1	Pompa Submersible	buah	1	Rp	11,697,818	Rp	11,697,818
TOTAL						Rp	38,704,248

Total RAB untuk SPAL dan IPAL adalah sebesar Rp 313,384,054 dengan rincian biaya SPAL sebesar Rp 202,080,925 dan biaya IPAL sebesar Rp 111,303,129. Biaya PPN (10%) dibebankan pada perhitungan RAB sehingga didapatkan nilai akhir sebesar Rp 344,722,459 dan dibulatkan menjadi Rp 345,000,000.

## **BAB 8**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **8.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dalam perencanaan penyediaan pengolahan air limbah komunal berbasis masyarakat di RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo ini adalah:

- Penyebab masyarakat RT 11 RW 7 Kelurahan Ngagel Rejo belum memiliki tangki septik adalah karena keterbatasan biaya, lahan dan kurangnya kesadaran untuk menciptakan lingkungan hidup yang sehat.
- Jenis pengolahan air limbah yang dipilih untuk kebutuhan IPAL komunal adalah ABR dengan dimensi 6.55 x 1.5 x 1.8 m dengan 6 kompartemen.
- Biaya pembangunan SPAL dan IPAL sebesar Rp 345,000,000. Biaya didapatkan dari bantuan pemerintah atau swasta.
- Iuran warga per bulan untuk O&M Rp 20,000/KK dengan menabung sebesar Rp 5,000 tiap minggunya

#### **8.2 Saran**

Saran untuk penulisan tugas akhir dengan topik sejenis dengan ini yaitu agar dapat membuat *Detail Engineering Design* (DED) untuk tiap rumah. Jadi, meskipun daerah perencanaannya sedikit, pendetilan perencanaan dapat dijadikan tantangan untuk dapat lebih siap dengan kondisi kenyataan di lapangan.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

**Bagian I - Identitas Responden**

Nama =  
Nama Kepala Keluarga (*kosongkan bila sama*) =  
Jumlah Anggota Keluarga = ..... orang  
Alamat =  
Umur = ..... tahun  
Jenis Kelamin = L / P (*lingkari yang anda pilih*)

1. Apa pekerjaan utama Bapak/Ibu/Saudara/i?
  - a. Pegawai Negeri Sipil (PNS)
  - b. Pegawai Swasta
  - c. Wiraswasta/Pedagang
  - d. Karyawan/Buruh
  - e. Serabutan
  - f. Lain-lain, sebutkan.....
2. Berapa penghasilan Bapak/Ibu/Saudara/i setiap bulannya?
  - a. Kurang dari 500.000
  - b. 500.000 - 1.000.000
  - c. 1.000.000 - 1.500.000
  - d. 1.500.000 - 2.000.000
  - e. Lebih dari 2.000.000
  - f. Lain-lain, sebutkan.....
3. Apa status kepemilikan rumah Bapak/Ibu/Saudara/i?
  - a. Sewa bulanan
  - b. Sewa tahunan
  - c. Milik sendiri - keluarga
  - d. Lain-lain, sebutkan.....

**Bagian II - Aspek Teknis**

1. Darimanakah sumber air bersih Bapak/Ibu/Saudara/i?
  - a. PDAM
  - b. Air tanah/sumur
  - c. Air sungai
  - d. Lain-lain, sebutkan.....
2. Apakah di rumah Bapak/Ibu/Saudara/i terdapat WC/kakus?
  - a. Ya (lanjut ke nomor 4)
  - b. Tidak
3. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i masih menggunakan WC umum?
  - a. Ya
  - b. Tidak
4. Apakah di rumah Bapak/Ibu/Saudara/i terdapat *septic tank*?
  - a. Ya
  - b. Tidak, mengapa? .....
5. Apakah saat pasang/musim hujan air dari sungai meluap ke dalam rumah Bapak/Ibu/Saudara/i?
  - a. Ya (lanjut ke nomor 5)
  - b. Tidak
6. Berapa ketinggian air pasang/banjir ketika melanda?
  - a. Kurang dari 30 cm
  - b. 30 - 50 cm

- c. 50 - 100 cm
- d. Lebih dari 100 cm

## **Bagian II - Aspek Sosial**

1. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i dan/atau keluarga pernah terjangkit diare?
  - a. Ya (lanjut ke nomor 2,3)
  - b. Tidak
2. Seberapa sering Bapak/Ibu/Saudara/i dan/atau keluarga terjangkit diare?
  - a. Sering
  - b. Jarang
3. Kapan terakhir kali Bapak/Ibu/Saudara/i dan/atau keluarga terjangkit diare?
  - a. 1 minggu yang lalu
  - b. 1 bulan yang lalu
  - c. 3 bulan yang lalu
  - d. Lain-lain, sebutkan,.....
4. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i mengetahui tentang sanitasi?
  - a. Ya, sebutkan .....
  - b. Tidak
5. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i pernah mengikuti penyuluhan/diskusi terkait dengan kesehatan lingkungan?
  - a. Pernah
  - b. Tidak pernah
6. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i mengetahui dampak membuang air bekas mandi/cuci/kakus langsung ke sungai?
  - a. Ya, sebutkan .....
  - b. Tidak

## **Bagian III - Aspek Finansial dan Kelembagaan**

1. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i bersedia apabila di RT anda akan dibangun Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) komunal sebagai pengganti *septic tank* individu/rumah tangga?
  - a. Ya
  - b. Tidak
2. Untuk bisa memiliki IPAL komunal, kira-kira apa yang akan Bapak/Ibu/Saudara/i lakukan untuk membiayai pembangunannya?
  - a. Menabung
  - b. Menunggu bantuan dari pihak terkait (pemerintah, swasta, dan lain-lain)
  - c. Menabung dan berusaha mencari bantuan dari pihak terkait (pemerintah, swasta, dan lain-lain)
3. Siapa yang seharusnya bertanggung jawab memelihara IPAL komunal?
  - a. Pemerintah
  - b. Masyarakat
  - c. Pemerintah dan masyarakat
4. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i bersedia berpartisipasi secara **fisik** memelihara IPAL komunal?
  - a. Ya
  - b. Tidak
5. Apakah Bapak/Ibu/Saudara/i bersedia berpartisipasi secara **materi** memelihara IPAL komunal?
  - a. Ya
  - b. Tidak

**Terimakasih atas partisipasi anda dalam pengisian kuesioner ini**



**LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA  
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387**

**DATA ANALISA LIMBAH CAIR**

Dikirim Oleh : Sdri. Frida  
Dikirim Tanggal : 14 Nopember 2014  
Sampel Dari : Air Limbah Domestik Kode I

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik*)	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6 – 9	7,55	pHmeter
2	TSS	mg/L	50	104,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O <sub>2</sub>	50	96,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O <sub>2</sub>	30	58,00	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	10	12,00	Gravimetri
6	Total Koliform	MPN/100 mL	(-)	17 X 10 <sup>6</sup>	Fermentasi Multi Tabung

Surabaya, 26 Nopember 2014  
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan  
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS



Prof. Dr. Ir. Nieke Kamaningroem, MSc. 4  
NIP. 195501281985032001

Catatan :

\*) SK. Gub. Jatim No. 72 Tahun 2013  
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami  
(-) tidak disyaratkan





**LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA  
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387**

## DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Frida  
Dikirim Tanggal : 14 Nopember 2014  
Sampel Dari : Air Limbah Domestik Kode II

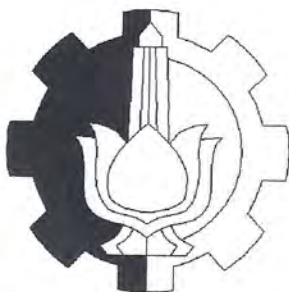
No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik*)	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6 – 9	7,15	pHmeter
2	TSS	mg/L	50	250,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O <sub>2</sub>	50	250,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O <sub>2</sub>	30	154,00	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	10	30,00	Gravimetri
6	Total Koliform	MPN/100 mL	(-)	12 X 10 <sup>8</sup>	Fermentasi Multi Tabung

Surabaya, 26 Nopember 2014  
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan  
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS

Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc.  
NIP. 195501281985032001

Catatan :

\*)SK. Gub. Jatim No. 72 Tahun 2013  
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air yang diterima laboratorium kami  
(-) tidak disyaratkan



LABORATORIUM KUALITAS LINGKUNGAN  
JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

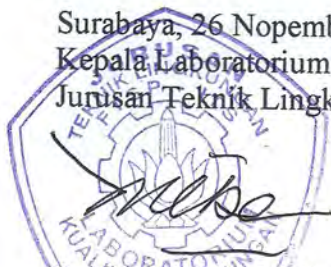
KAMPUS ITS SUKOLILO SURABAYA  
TELEPON (031)5948886, FAX. (031)5928387

## DATA ANALISA LIMBAH CAIR

Dikirim Oleh : Sdri. Frida  
Dikirim Tanggal : 14 Nopember 2014  
Sampel Dari : Air Limbah Domestik Kode III

No	Parameter	Satuan	Baku Mutu Air Limbah Domestik*)	Hasil Analisa	Metode Analisa
1	pH	-	6 – 9	7,70	pHmeter
2	TSS	mg/L	50	302,00	Gravimetri
3	COD	mg/L O <sub>2</sub>	50	157,00	Reflux/Tetrimetri
4	BOD	mg/L O <sub>2</sub>	30	96,00	Winkler
5	Minyak & Lemak	mg/L	10	18,00	Gravimetri
6	Total Koliform	MPN/100 mL	(-)	36 X 10 <sup>6</sup>	Fermentasi Multi Tabung

Surabaya, 26 Nopember 2014  
Kepala Laboratorium Kualitas Lingkungan  
Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS



Prof. Dr. Ir. Nieke Karnaningroem, MSc  
NIP. 195501281985032001

Catatan :

\*)SK. Gub. Jatim No. 72 Tahun 2013  
- Laporan ini dibuat untuk cuplikan air  
yang diterima laboratorium kami  
(-) tidak disyaratkan

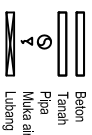


TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA



MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DipJlSE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Denah dan  
Potongan A-A  
Anaerobic Baffled Reactor

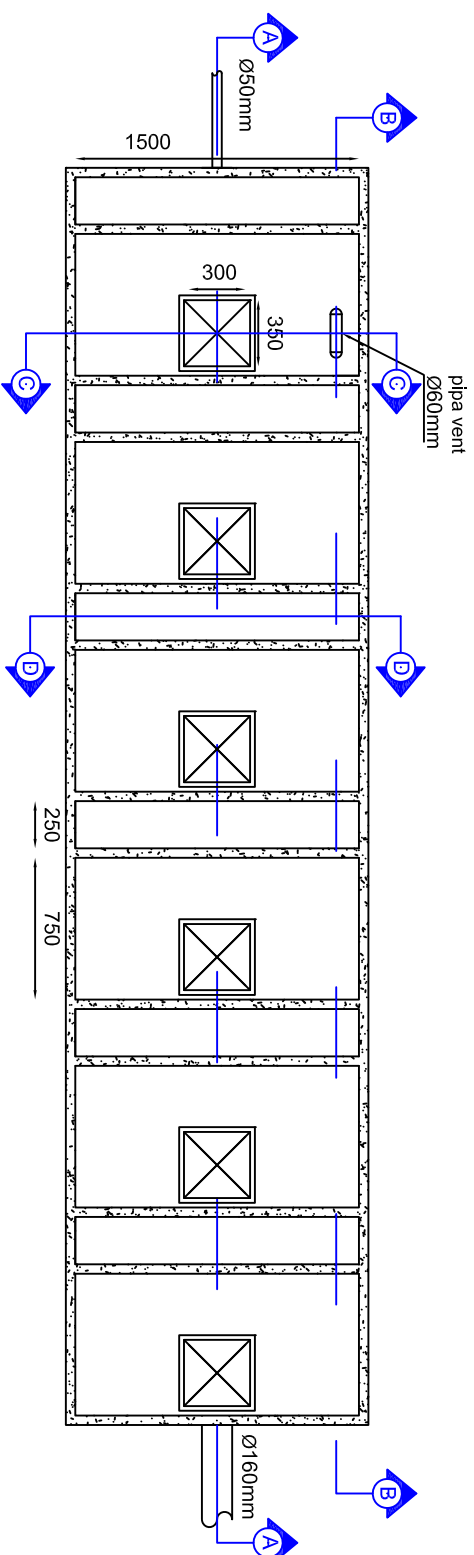
SKALA GAMBAR

1:40

NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

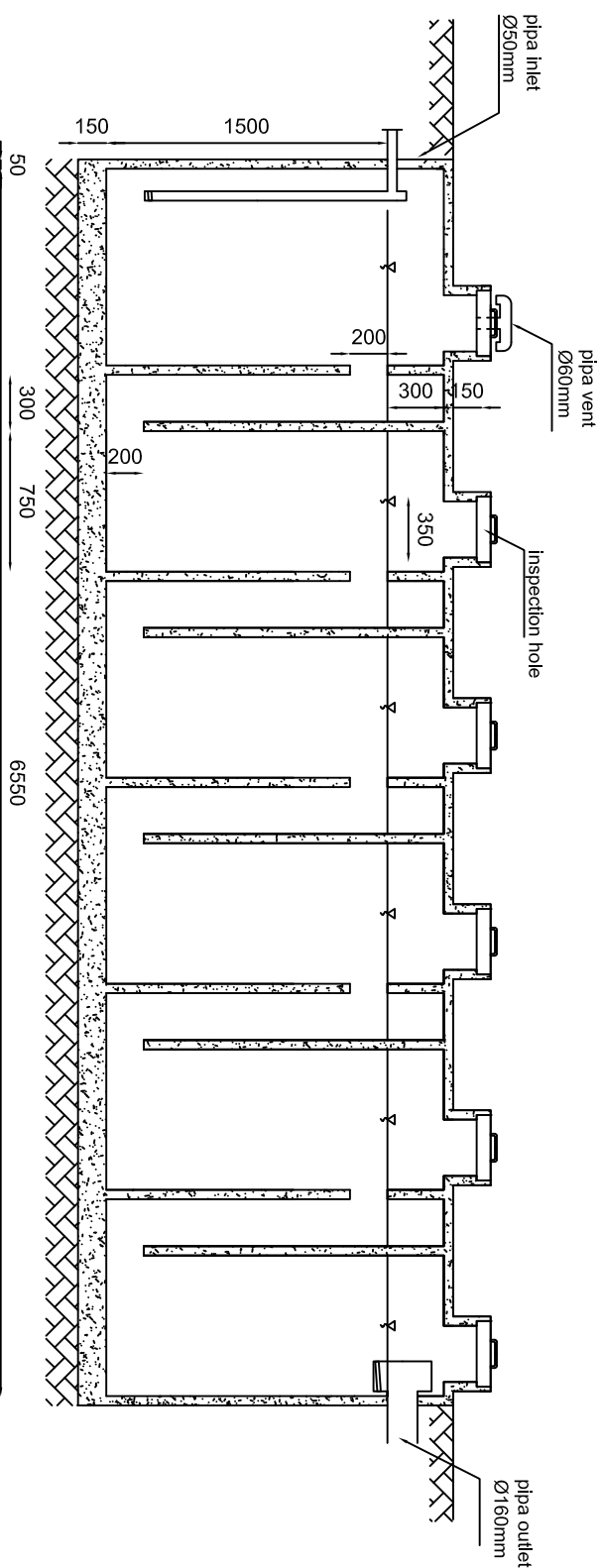
1 millimeter

APPROVED MARK



DENAH ANAEROBIC BAFFLED REACTOR

SKALA 1:40



POTONGAN A-A

SKALA 1:40

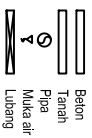


TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA



MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DipJl.SE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Potongan B-B, C-C dan D-D  
Anaerobic Baffled Reactor

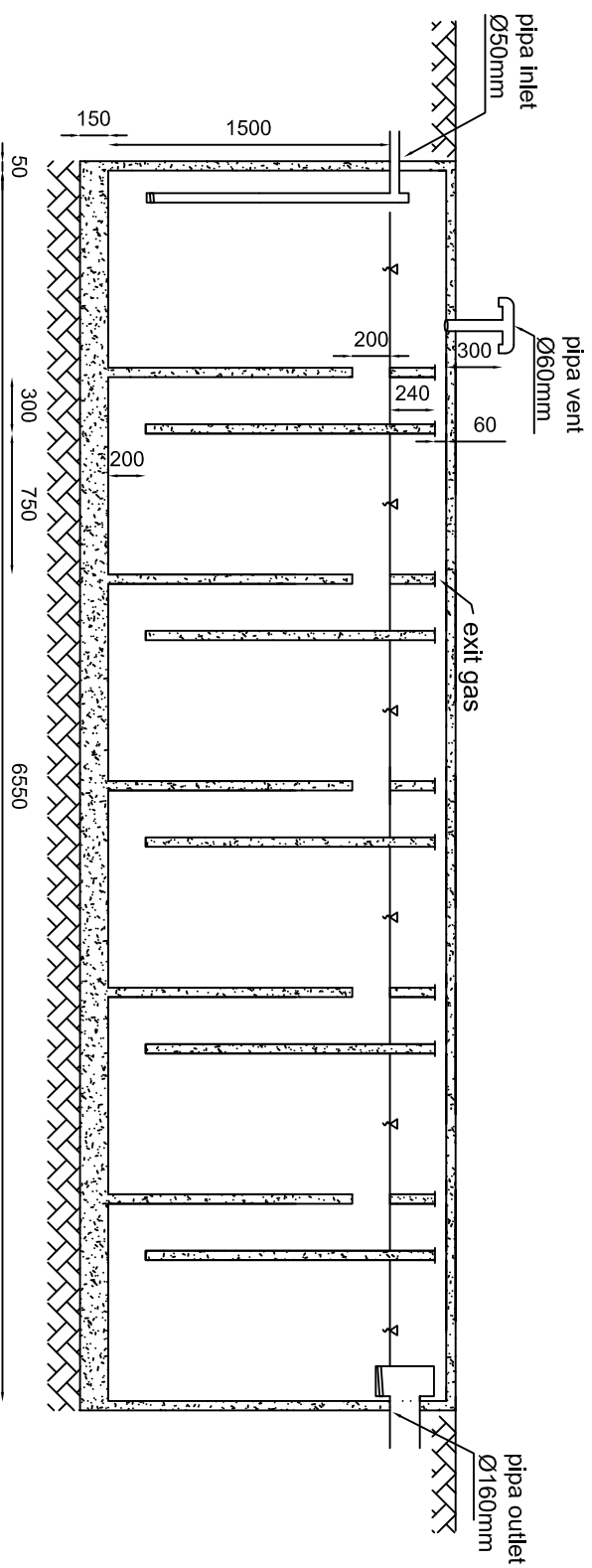
SKALA GAMBAR

1:40

NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

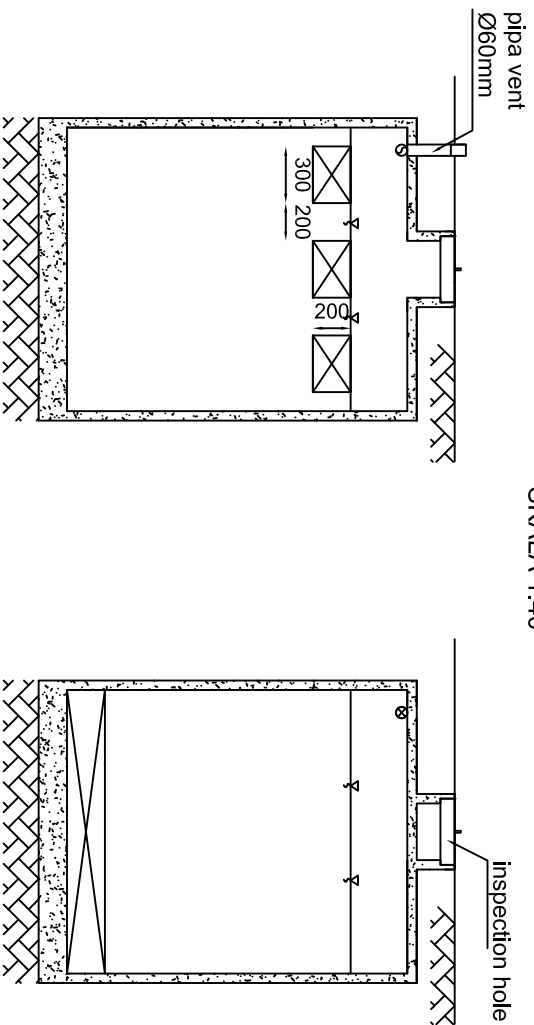
2 millimeter

APPROVED MARK



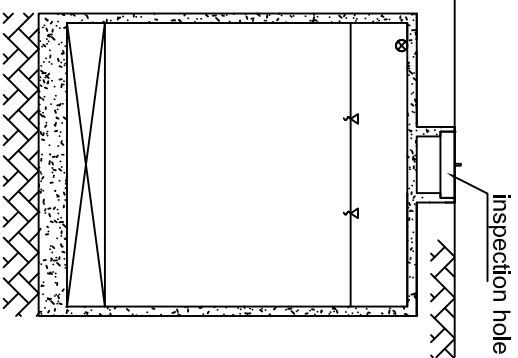
POTONGAN B-B

SKALA 1:40



POTONGAN C-C

SKALA 1:40



POTONGAN D-D

SKALA 1:40

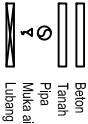


TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA



MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipu.SE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Detil Tulangan dan Pondasi  
Anaerobic Baffled Reactor

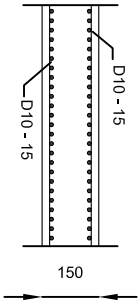
SKALA GAMBAR

1:20

NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

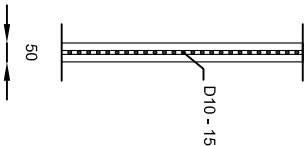
3 millimeter

APPROVED MARK



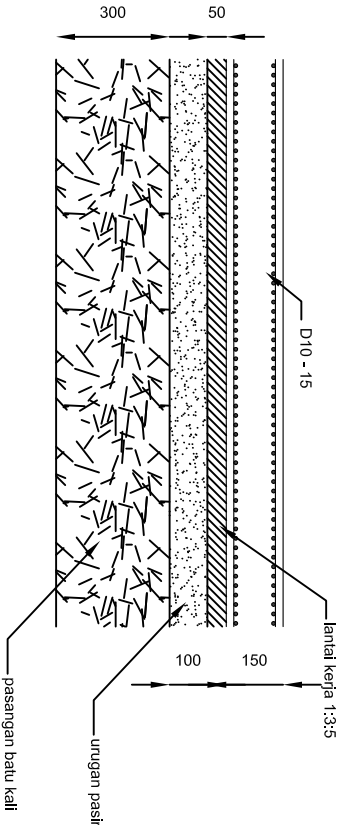
DETIL TULANGAN PONDASI

SKALA 1:20



DETIL TULANGAN DINDING

SKALA 1:20



DETIL PONDASI

SKALA 1:20





TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- Beton
- Tanah
- Pasangan Batu Bata
- Pasir
- ⊙ Pipa

MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Denah Potongan A-A dan B-B  
Bak Kontrol Rumah Tangga

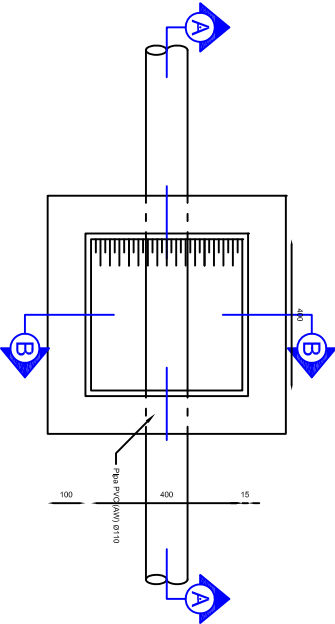
SKALA GAMBAR

1:20

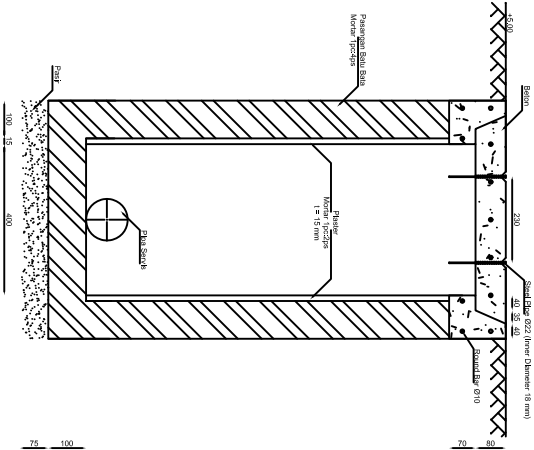
NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

4 millimeter

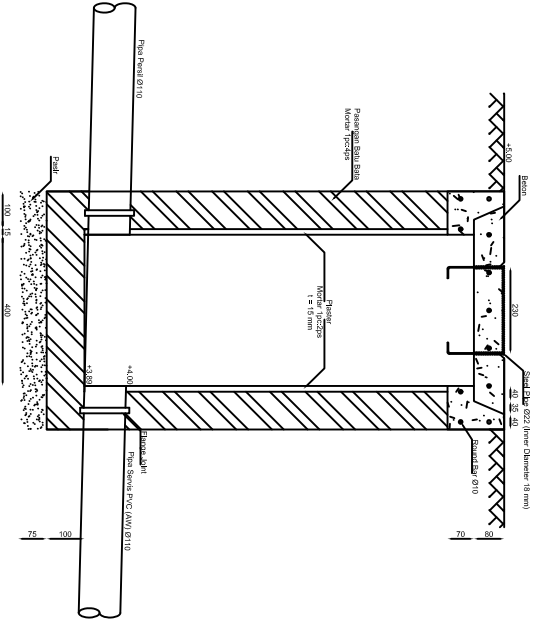
APPROVED MARK



DENAH BAK KONTROL  
RUMAH TANGGA  
SKALA 1:20

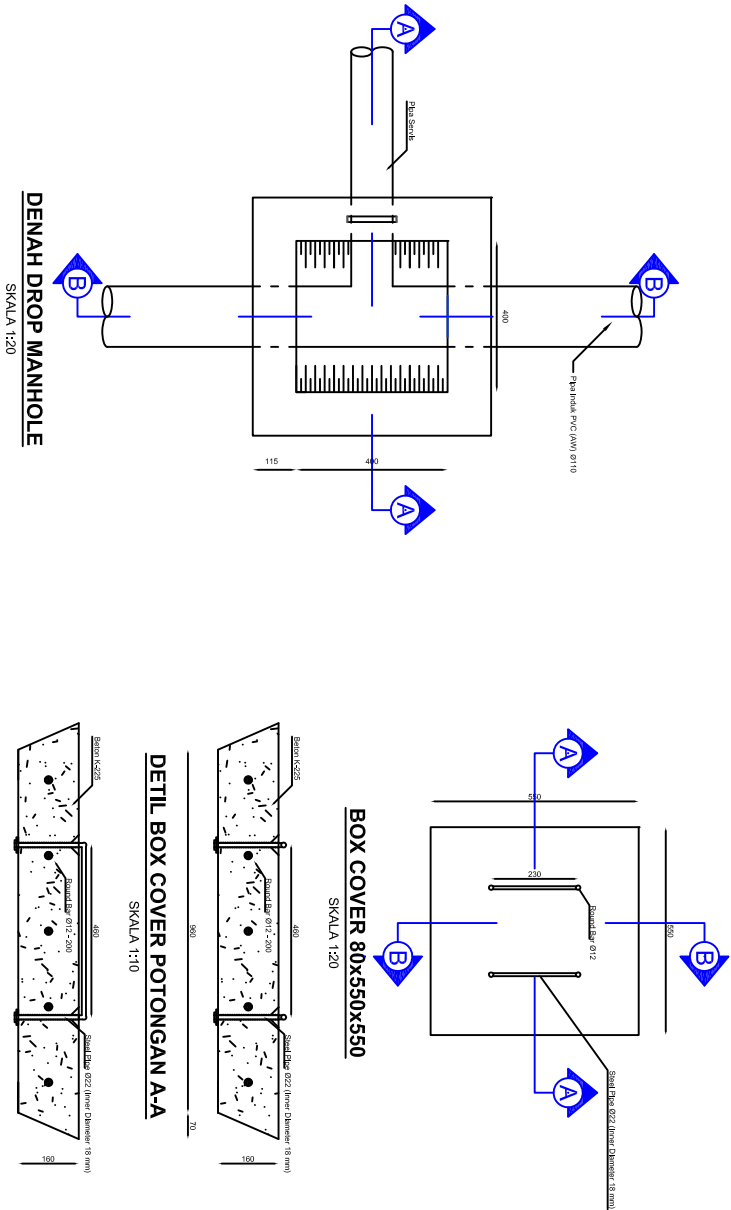


POTONGAN B-B  
SKALA 1:20



POTONGAN A-A  
SKALA 1:20

TUJAS AKHIR PERENCANAAN	
JURUSAN	
TEKNIK LINGKUNGAN FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	
LEGENDA 	
MAHASISWA	
ANUL FIRDAATUN NISAA'	
3311100040	
DOSEN PEMBIMBING	
Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DipJSE., MSc., PhD.	
JUDUL GAMBAR	
Denah dan Detail Box Cover Drop Manhole	
SKALA GAMBAR	
1:20	
NOMOR GAMBAR	SATUAN GAMBAR
5	millimeter
APPROVED	MARK





TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- Becon
- Tanah
- Pasangan Batu Bata
- Pasir
- Pipa

MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DipJSE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Tipikal I  
Potongan A-A dan B-B  
Drop Manhole

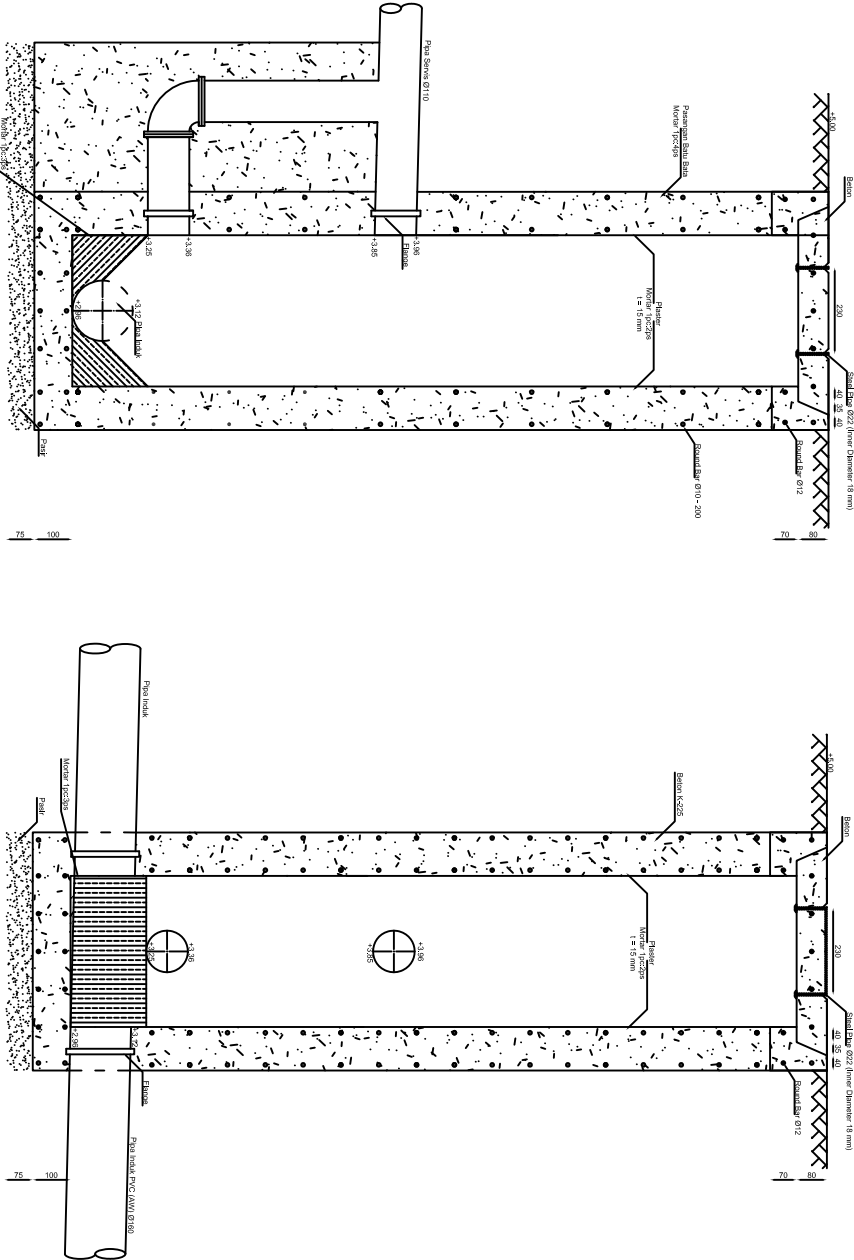
SKALA GAMBAR

1:20

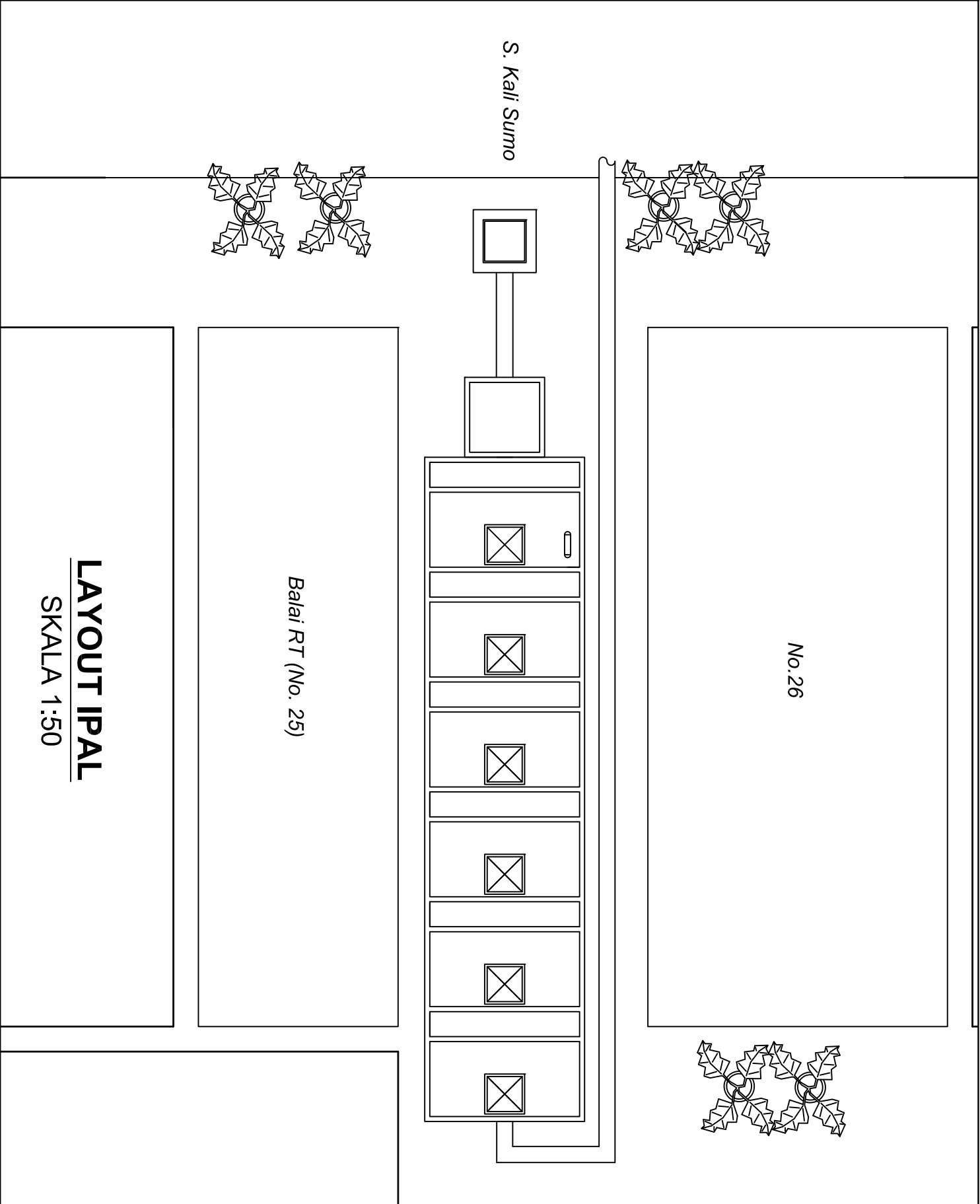
NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

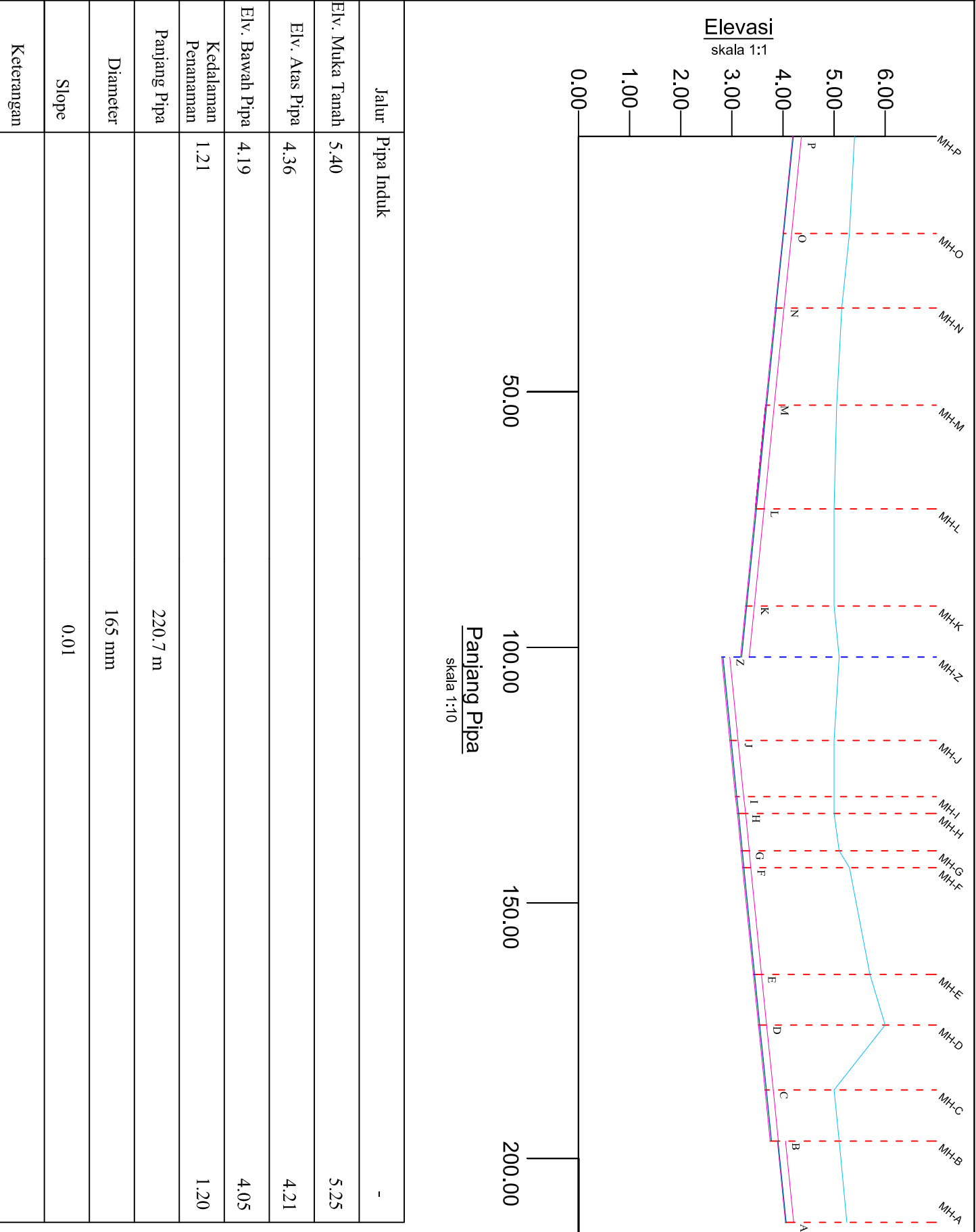
6 millimeter

APPROVED MARK









TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- Elevasi pipa
- Elevasi tanah
- Batas segmen
- Lokasi IPAL
- Hydraulic Grade Line

MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DipJSE, MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis SPAL

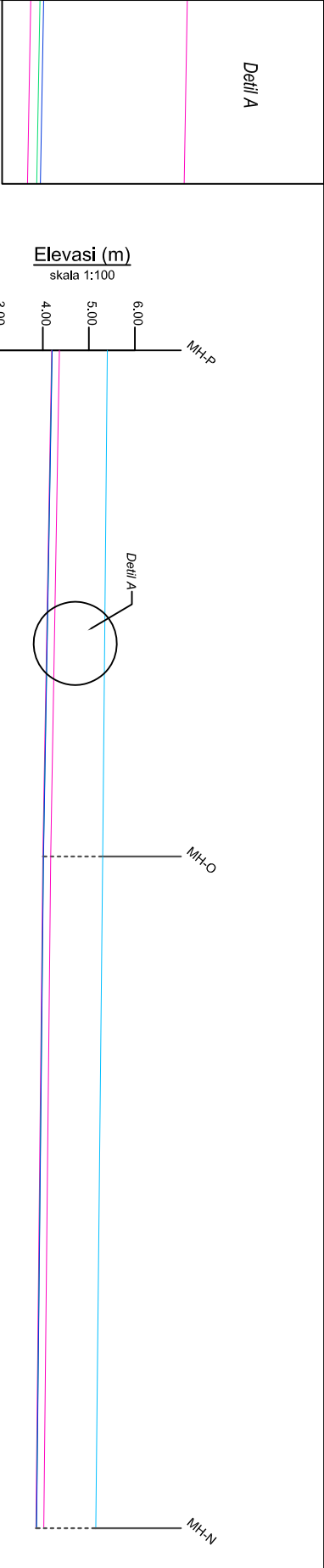
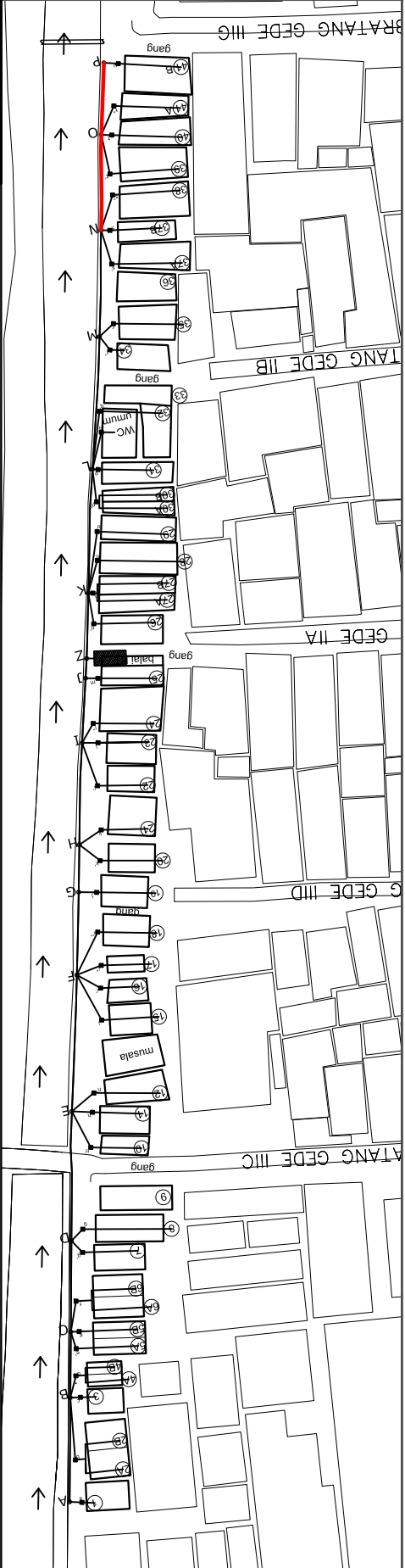
SKALA GAMBAR

1:100

NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

8 meter

APPROVED MARK



Jalur	P	O	N
Elv. Muka Tanah	5.40	5.30	5.15
Elv. Atas Pipa	4.356	4.166	4.020
Elv. Bawah Pipa	4.191	4.001	3.855
Kedalaman Penanaman	1.209	1.299	1.295
Panjang Pipa	11.00 m		14.60 m
Diameter	165 mm		165 mm
Slope	0.01		0.01
Keterangan			



TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- Elevasi pipa
- Elevasi tanah
- Batas segmen
- Energy/ Grade Line
- Hydraulic Grade Line

DETIL PROFIL HIDROLIS

MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soejipto, Dpt,SE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Profil Hidrolis  
Segmen P-O-N

SKALA GAMBAR

1:100

NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

9

millimeter

APPROVED

MARK



TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- Elevasi pipa
- Elevasi tanah
- Batas segmen
- Lokasi IPAL
- Hydraulic Grade Line

MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DipJl.SE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Potongan Melintang IPAL

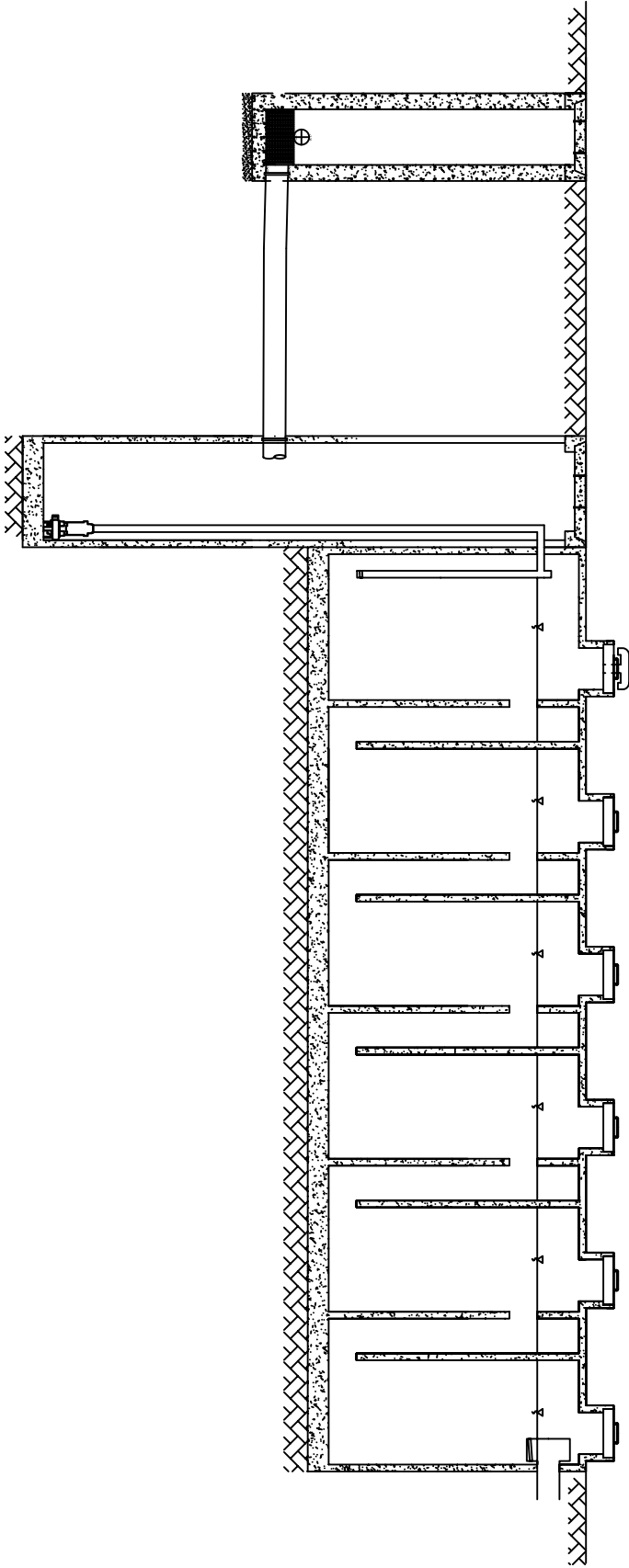
SKALA GAMBAR

1:50

NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

10 millimeter

APPROVED MARK





TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- Sungai
- Batas rumah warga RT 11 RW 7
- Akiran sungai
- Batas keamanan
- Alternatif P2L dekat jalan raya
- Bak kontrol
- Manhole
- Pipa air buangan
- Pipa servis
- Pipa induk

MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dip. SE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Jaringan SPAL Alternatif 1

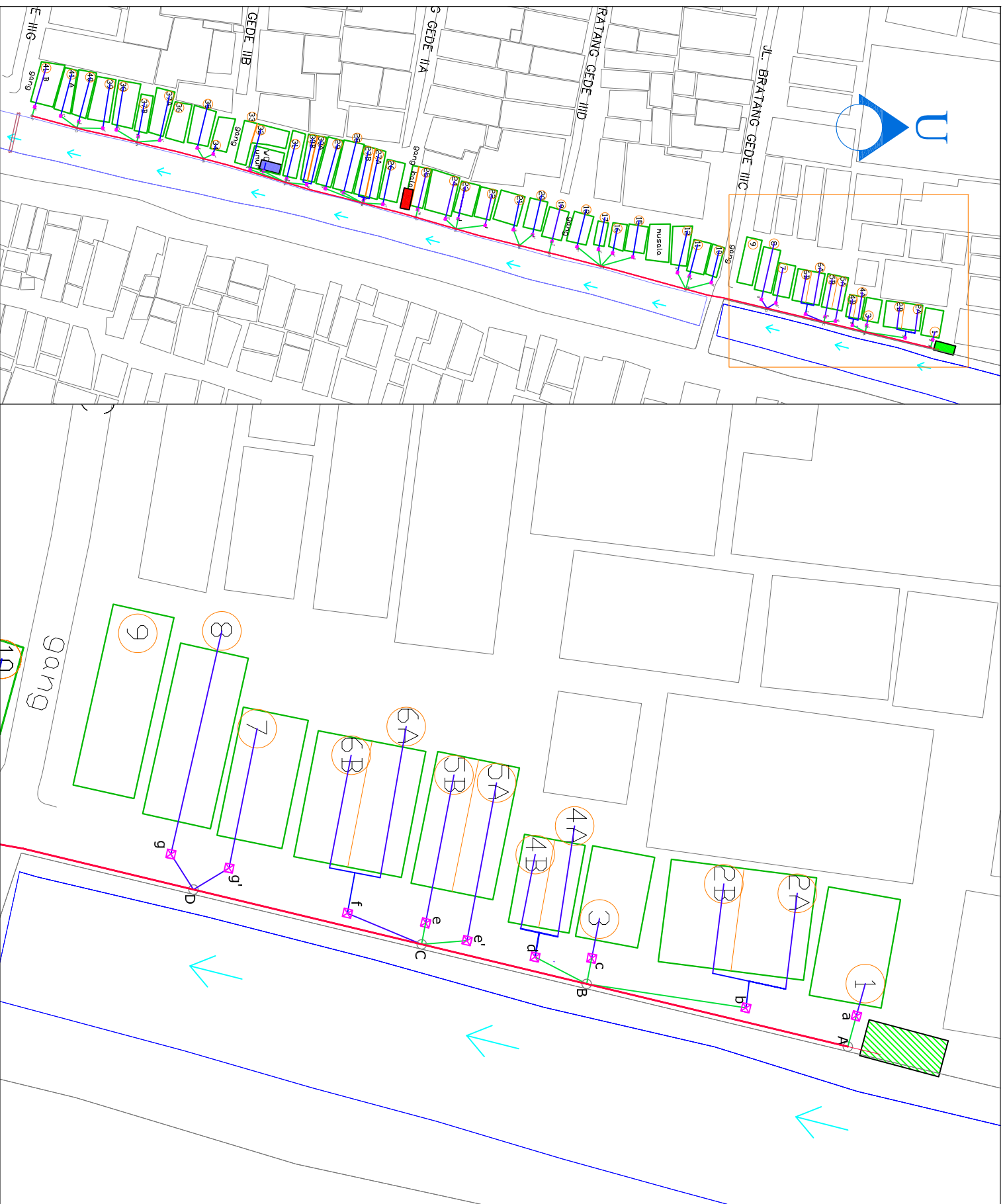
SKALA SATUAN SKALA

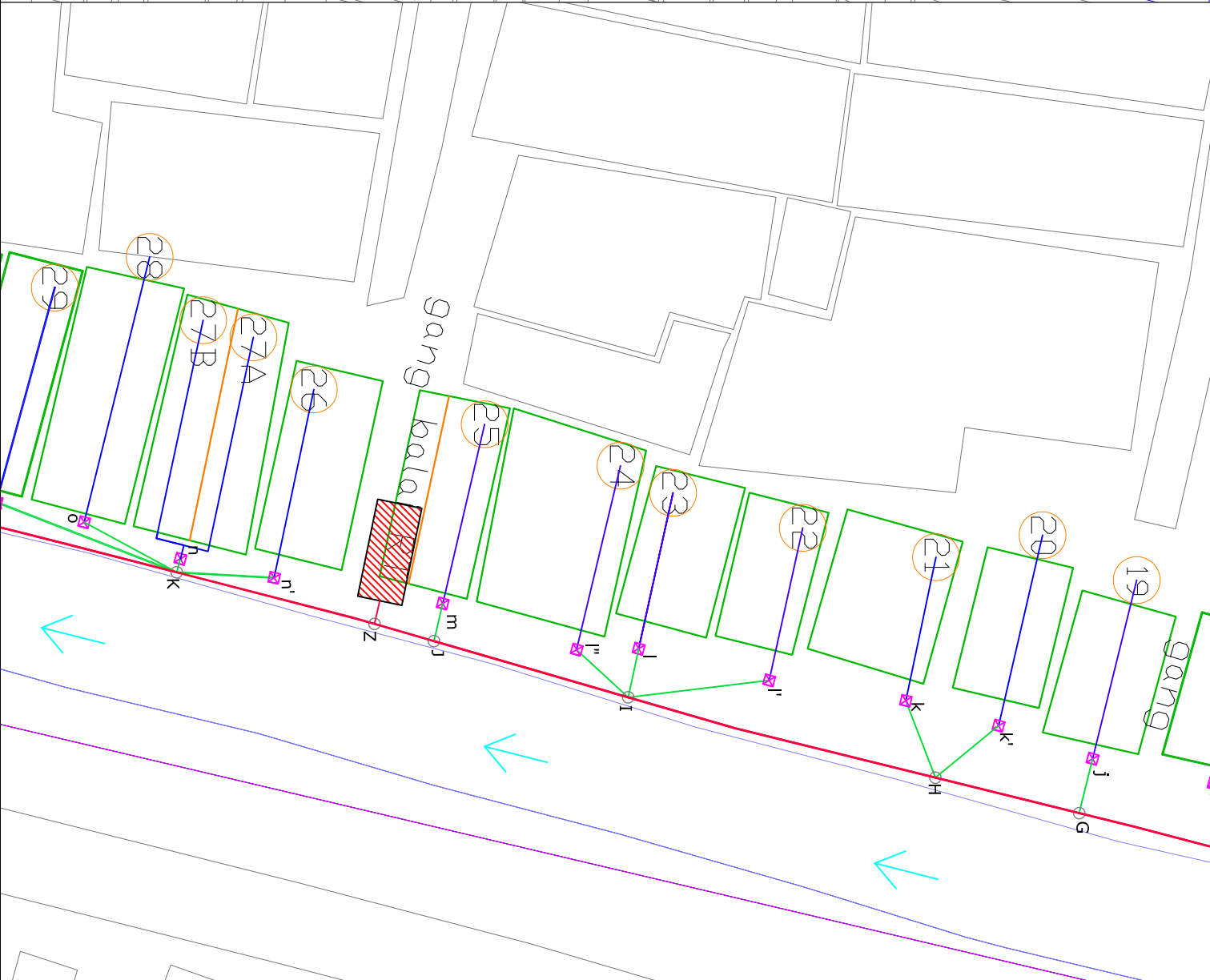
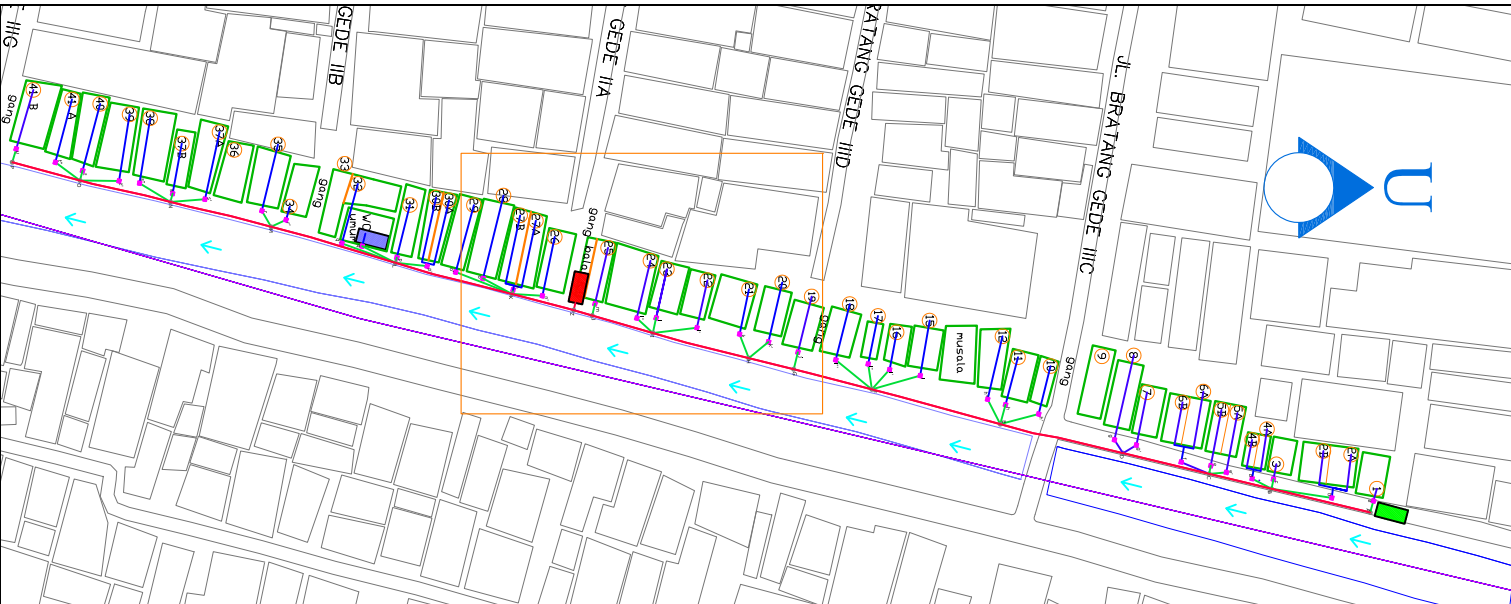


NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

11 millimeter

APPROVED MARK





TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- Sungai
- Batas rumah warga RT 11 RW 7
- Akhir sungai
- Batas kecamatan
- Alternatif P2L bekas balai RT
- Bak kontrol
- Manhole
- Pipa air buangan
- Pipa servis
- Pipa induk

MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'

3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Saedono, Dip. SE., M.Sc., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

Jaringan SPAL Alternatif 2

SKALA SATUAN SKALA



NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

12 millimeter

APPROVED MARK



TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- Sungai
- Batas rumah warga RT 11 RW 7
- Aliran sungai
- Batas kecamatan
- Alternatif PPLP bekas WC umum
- Bak kontrol
- Manhole
- Pipa air buangan
- Pipa servis
- Pipa induk

MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'  
3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DipJSE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Jaringan SPAL Alternatif 3

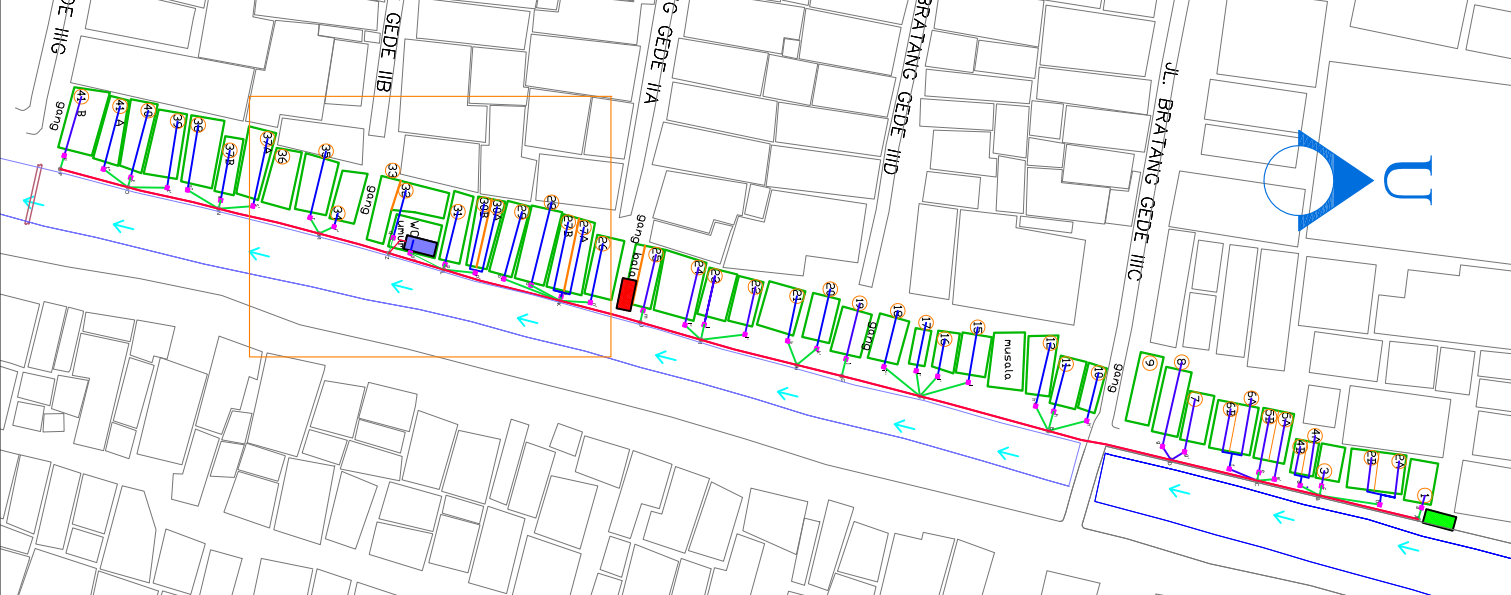
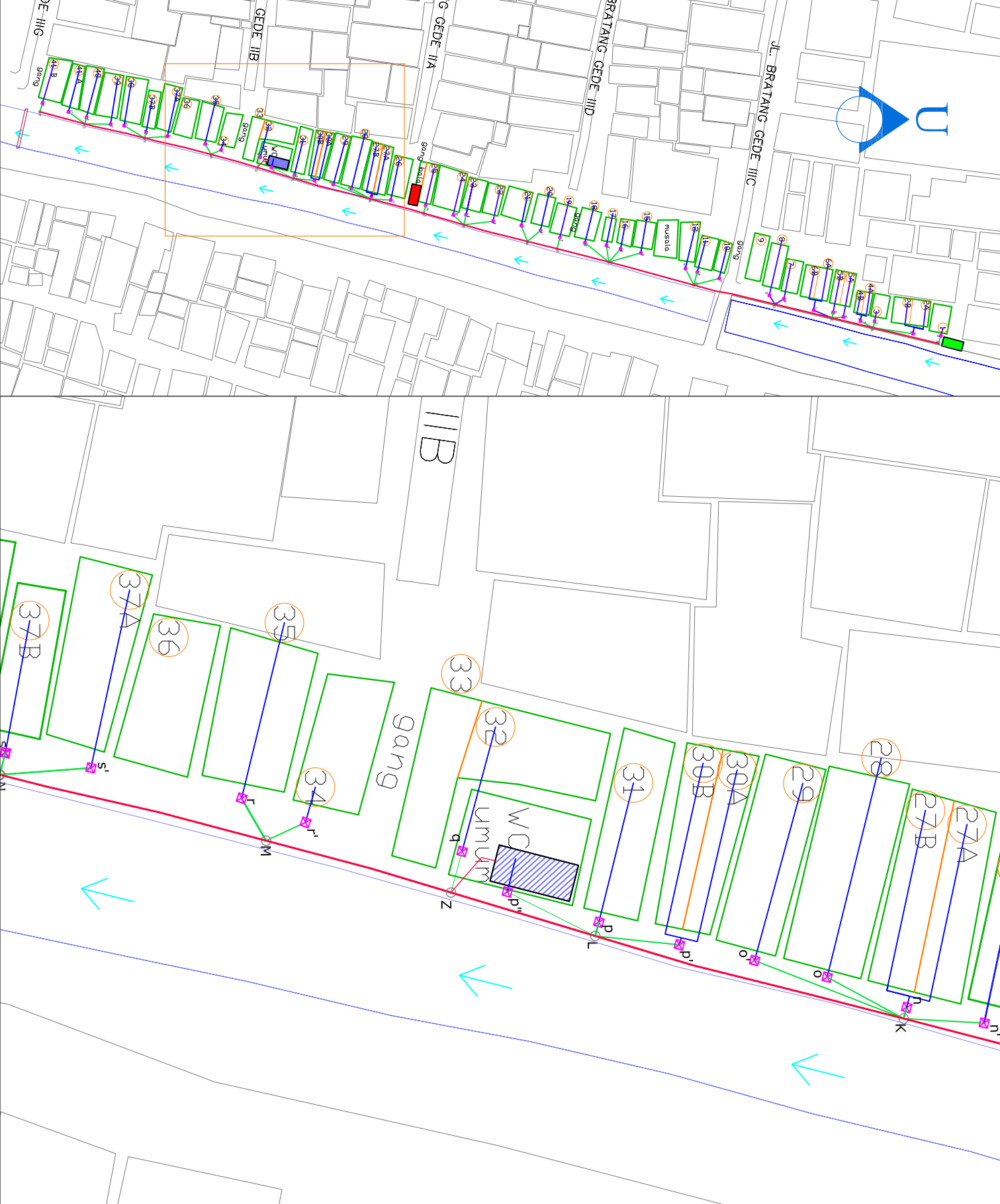
SKALA  
SATUAN SKALA

0 1 2.5 5  
meter

NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

13 millimeter

APPROVED MARK





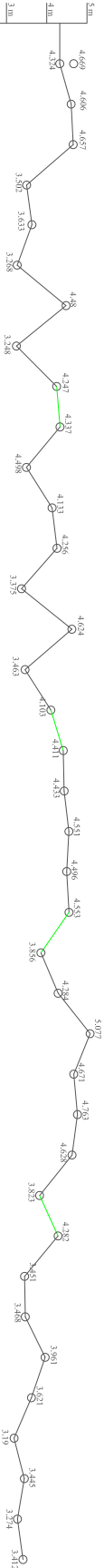
TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

- Gang
- Pipa eksisting Ø100 mm



MAHASISWA

ANUL FIRDAATUN NISAA'  
3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, DipJSE., MSc., PhD.

JUDUL GAMBAR

Elevasi Pipa Air Buangan

SKALA

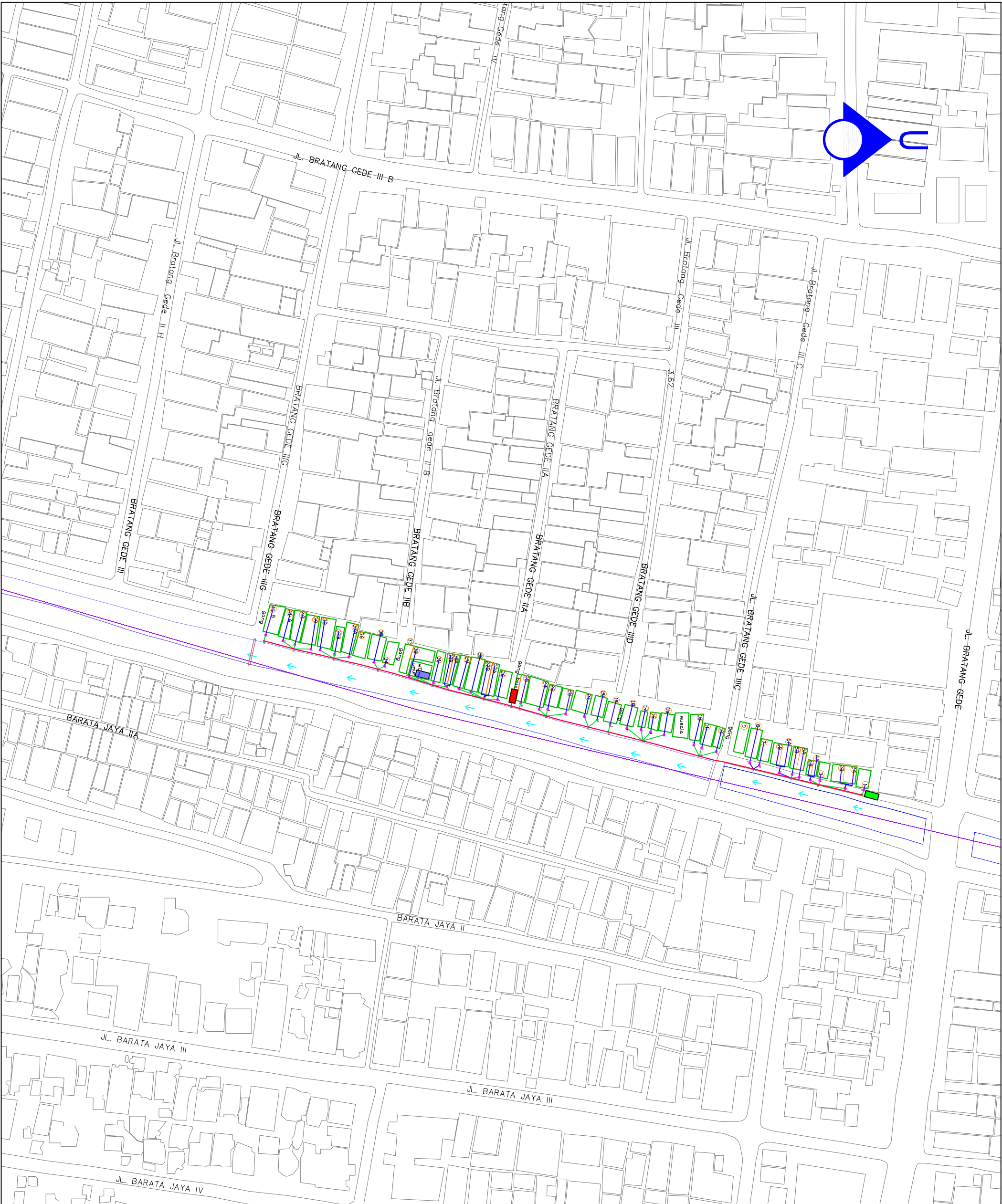
1:100

NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

14 meter

APPROVED MARK





TUGAS AKHIR PERENCANAAN

JURUSAN

TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

LEGENDA

Sungai  
Batas rumah warga

AINUL FIRDATUN NISAA'  
3311100040

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Eddy Setiadi Soedjono, Dipl.SE., MSc., Ph.D.

JUDUL GAMBAR

Daerah Perencanaan

SKALA SATUAN SKALA



NOMOR GAMBAR SATUAN GAMBAR

15

APPROVED MARK

## DAFTAR PUSTAKA

- Azwar, A., 1990. Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan dalam Zafirah, T. H. ***Student paper: Pelaksanaan Penyelenggaraan Sanitasi Dasar Di Pasar Tradisional Pringgian Di Kota Medan Tahun 2011***. USU Sumatra.
- Babbitt, H. E., 1888. ***Sewerage and Sewage Treatment***. New York: Wiley.
- Badan Lingkungan Hidup, 2008. **Statistik Lingkungan Hidup Kota Surabaya**.
- Badan Lingkungan Hidup, 2011. **Statistik Lingkungan Hidup Kota Surabaya**.
- Badan Lingkungan Hidup, 2012. **Statistik Lingkungan Hidup Kota Surabaya**.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya, 2014. **Surabaya dalam Angka**.
- Badan Standardisasi Nasional, 2005. **SNI 03-7065-2005 Tata cara perencanaan sistem plambing**.
- Badan Standardisasi Nasional, 2008. **SNI 6989.59:2008 Metode pengambilan contoh air limbah**.
- BAPPENAS, 2012. **Laporan Pencapaian Tujuan Pembangunan Milenium Di Indonesia 2011**.
- Barber, W. P. & Stuckey, D. C., 1999. *The use of the anaerobic baffled reactor (ABR) for wastewater treatment: a review*. **Wat. Res.**, 33(7), pp. 1559 – 1578.
- Bradley *et al.*, 2002. Evaluation of onsite wastewater treatment technologies using sustainable development criteria. **Clean Technologies and Environment Policy**, 4(2), pp. 87 – 89.
- Chandra, B., 2007. Pengantar Kesehatan Lingkungan dalam Zafirah, T. H. ***Student paper: Pelaksanaan Penyelenggaraan Sanitasi Dasar Di Pasar Tradisional Pringgian Di Kota Medan Tahun 2011***. USU Sumatra.
- Crites, R. & Tchobanoglous, G., 1998. **Small and Decentralized Wastewater Management Systems**. New York: McGraw-Hill.
- Dajan, A., 1986. **Pengantar Metode Statistik Jilid I**. Jakarta: LP3ES.

- Departemen Pekerjaan Umum, (-). **Tata Cara Rancangan Sistem Jaringan Perpipaan Air Limbah Terpusat tentang Pedoman Perencanaan.**
- Fair, G. M. & Geyer, J. C., 1954. **Water Supply and Waste-Water Disposal.** New York: John Wiley and Son.
- Grau, P., 1996. Low cost wastewater treatment. **Water Science and Technology**, 33(8), pp. 39 – 46.
- Gutterer, B. *et al.*, 2009. **Decentralised Wastewater Treatment Systems (DEWATS) and Sanitation in Developing Countries: A Practical Guide.** UK: BORDA.
- Hammer, M. J. & Hammer, Jr., M. J., 2012. **Water and Wastewater Technology, 7<sup>th</sup> Edition.** USA: Pearson Education, Inc.
- Hofman, B. & Kaiser, K., 2004. *The making of the 'Big Bang' and its aftermath: A political economy perspective* in Winters, M.S. *et al. Public Service Provision under Conditions of Insufficient Citizen Demand: Insights from the Urban Sanitation Sector in Indonesia.* **World Development**, 60, pp. 31 – 42.
- Imam, E. H. & Elnakar, H. Y., 2014. *Design flow factors for sewerage systems in small arid communities.* **Journal of Advanced Research**, 5(5), pp. 537 – 542.
- Indonesia Infrastructure Initiative, 2011. **Wastewater Investment Master Plans Package 1: Surabaya – Draft Master Plan.**
- Kadariswan, A., 2008. **Tugas akhir: Perencanaan Sistem Penyaluran Air Limbah Beserta Instalasi Pengolahan Air Limbah Perumahan Dosen dan Asrama Mahasiswa ITS.** Surabaya: Teknik Lingkungan FTSP – ITS.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia. 2014.
- Katukiza, A.Y. *et al.*, 2012. *Sustainable sanitation technology options for urban slums.* **Biotechnology Advances**, 30(5), pp. 964 – 978.
- Kementrian Pekerjaan Umum, (-). **Tata Cara Pengoperasian IPLT Sistem Kolam.** Jawa Tengah: Satuan Kerja Pengembangan Penyehatan Lingkungan Pemukiman Jawa Tengah.
- Kementrian Pekerjaan Umum, 2009. **SANIMAS: Sanitasi oleh Masyarakat.** Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.

- Kementrian Pekerjaan Umum, (2011). **Air Limbah Domestik: Dasar-Dasar Teknik dan Pengelolaan Air Limbah**. Jakarta: Direktorat Jenderal Cipta Karya.
- Kusnoputranto, H., 1997. **Air Limbah dan Ekskreta Manusia: Aspek Kesehatan Masyarakat dan Pengelolaannya**. Jakarta: Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi – Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- MakSumović, C. & Tejada-Guibert, J. A., 2001. **Frontiers in Urban Watermanagement** – first ed. UK: IWA-publishing.
- Mara *et al.*, 2001. **PC-based Simplified Sewer Design**. England: University of Leeds.
- Mara, D., 2003. **Domestic Wastewater Treatment in Developing Countries**. UK: Earthscan.
- Massoud, M. A. *et al.*, 2009. Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. **Journal of Environmental Management**, 90(1), pp. 652 – 659.
- McCarty, P. L. & Bachmann, A., 1992. **United States Patent No. 5,091,315**.
- Menteri Kesehatan Republik Indonesia, 1999. **Keputusan Menteri Kesehatan (Kepmenkes) No. 829 tentang Persyaratan Kesehatan Perumahan dan Lingkungan Permukiman**.
- Metcalf & Eddy, 1981. **Wastewater Engineering: Collection and Pumping of Wastewater**. New York: McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy, 2003. **Wastewater Engineering: Treatment and Reuse, 4<sup>th</sup> Edition**. New York: McGraw-Hill.
- Metcalf & Eddy, 2014. **Wastewater Engineering: Treatment and Resource Recovery, 5<sup>th</sup> Edition (Volume 2)**. New York: McGraw-Hill.
- Moe, C. L. & Rheingans, R. D., 2006. *Global challenges in water, sanitation and health*. **J Water Health**, 4, pp. 41 – 57.
- New Mexico Environment Department (NMED), 2007. **New Mexico Wastewater Systems Operator Certification Study Manual, version 1.1**. Santa Fe, New Mexico: WUTAP.
- Qasim, S.R., 1985. **Wastewater treatment plants - Planning, Design, and Operation**. New York: CBS International Edition
- Said, N. I., 2008. **Pengolahan Air Limbah Domestik di DKI Jakarta “Tinjauan Permasalahan, Strategi dan Teknologi**

- Pengolahan**". Jakarta Pusat: Pusat Teknologi Lingkungan, Deputi Bidang Teknologi Pengembangan Sumberdaya Alam, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Sasse, L., 1998. **DEWATS: Decentralized Wastewater Treatment in Developing Countries**. Bremen: BORDA.
- Sudjana, 1996. **Metoda Statistika Edisi Ke-6**. Bandung: Tarsito.
- UNICEF Indonesia, 2012. **Ringkasan Kajian: Air Bersih, Sanitasi & Kebersihan**.
- United Nations, 2013. **The Millenium Development Report Goals 2013**. New York: United Nations.
- United Nations Open Working Group, 2014. **Outcome Document – Open Working Group on Sustainable Development Goals**.
- Van Dijk, M. P. et al., 2014. *Financing sanitation and cost recovery in the slums of Dar es Salaam and Kampala*. **Habitat International**, 43, pp. 206 – 213.
- Weiland, P. & Rozzi, A., 1991. *The start-up, operation and monitoring of high-rate anaerobic treatment systems: discussers report*. **Wat. Sci. Technology**, 24(8), pp. 257 – 277.
- WHO / UNICEF, 2010. **Progress on Sanitation and Drinking Water: 2010 Update**. New York: World Health Organization.
- Wibowo, J.S. & Legowo, H.B., 2010. *SANIMAS Approach and ISSDP's City-wide Sanitation Strategy (CSS)*. **Water Practice & Technology**, 5(4). Jakarta: IWA.
- Winters, M.S. et al., 2014. *Public Service Provision under Conditions of Insufficient Citizen Demand: Insights from the Urban Sanitation Sector in Indonesia*. **World Development**, 60, pp. 31 – 42.
- Young, J. C. & McCarty, P. L., 1969. *The anaerobic filter for waste treatment*. **Water Pollution Kontrol Federation**, 41(5), R160.
- Zafirah, T. H., 2012. **Student paper: Pelaksanaan Penyelenggaraan Sanitasi Dasar Di Pasar Tradisional Pringgian Di Kota Medan Tahun 2011**. USU Sumatra.

## RIWAYAT HIDUP PENULIS



AINUL FIRDATUN NISAA', lahir pada 29 Desember 1993 di Surabaya sebagai anak pertama dari pasangan Achmad Djoni dan Nur Arofah. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN Margorejo I Surabaya, SMP Negeri I Surabaya dan SMA Negeri 5 Surabaya, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di S1 Teknik Lingkungan FTSP-ITS pada tahun 2011. Selain beraktifitas di lingkungan jurusan, penulis juga aktif menjadi *volunteer* di ITS International Office. Semasa SMA, penulis juga aktif mengikuti kegiatan ekstrakurikuler, yaitu PASKIBRAKA dan jurnalis. Topik yang diambil oleh penulis sebagai Tugas Akhir adalah mengenai penyediaan pengolahan air limbah komunal berbasis masyarakat. Judul tugas akhir penulis adalah Perencanaan Penyediaan Pengolahan Air Limbah Komunal Berbasis Masyarakat (Studi Kasus: Kelurahan Ngagel Rejo Kota Surabaya). Semoga dengan penulisan tugas akhir ini mampu memberikan kontribusi positif bagi dunia pendidikan serta permulaan bagi penelitian lanjutan mengenai upaya menyediakan sanitasi yang layak bagi penduduk permukiman padat di perkotaan.

### Data Pribadi Penulis:

Nama : Ainul Firdatun Nisaa'  
Alamat : Puri Surya Jaya A7-5, Sidoarjo  
Telp/HP : 087852375467  
Email : ainulfirdatun@live.com